

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

ESCUELA TECNICA SUPERIOR

NEKAZARITZAKO INGENIARIEN

DE INGENIEROS AGRONOMOS

GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO

**INFLUENCIA DE LA VARIABILIDAD FENOTÍPICA Y DEL TAMAÑO DE GRUPO SOBRE EL
DESARROLLO Y LA PRODUCCIÓN DE HUEVOS EN GALLINAS DE PUESTA .**

presentado por

DAVID LÓPEZ DE PARIZA SÁNCHEZ

INGENIERO AGRONOMO

NEKAZARITZA INGENIARITZA

Febrero, 2014 / *2014ko Otsailan*

Pamplona, 24 de Marzo de 2014

Este Trabajo Final de Carrera ha sido realizado por el alumno David López de Pariza Sánchez con el objetivo de obtener el título de Ingeniero Agrónomo gracias a un Convenio de Colaboración entre la Universidad Pública de Navarra y Neiker-Instituto Vasco de Investigación, siendo la directora del trabajo Inma Estévez Ovejas (Profesor de Investigación IKERBASQUE, Departamento de Producción animal, Neiker-Tecnalia) y su tutor José Antonio Mendizabal Aizpuru (profesor titular del Área de Producción Animal de la Universidad Pública de Navarra).

Fdo. Dra. Inma Estévez Ovejas

Fdo. Dr. José Antonio Mendizabal

Directora del Trabajo

Tutor del Trabajo

Fdo. David López de Pariza Sánchez

Autor del Trabajo

RESUMEN

La alteración de la apariencia fenotípica de las aves (AF) puede dar lugar a comportamientos no deseados, potenciando poder perjudicar el bienestar de las aves de corral, la salud y el rendimiento productivo. Del mismo modo el tamaño de grupo (TG) puede desempeñar un papel importante modulando la expresión de los comportamientos de adaptación.

El objetivo de este Trabajo Fin de Carrera es evaluar si los cambios en la AF de las gallinas ponedoras Hy-Line Brown puede afectar a su peso corporal (PC) y la producción de huevos, y en caso afirmativo, si estos efectos dependen del TG.

Para este trabajo se utilizaron un total de 1050 pollitas de 1 día de edad que fueron asignadas aleatoriamente a cada uno de los 45 recintos experimentales con 10, 20 o 40 animales con densidad constante (8 gallinas/m²). Los tratamientos de variación fenotípica dentro de cada uno de los tres tamaños de grupo experimentales se realizaron mediante la coloración artificial de la parte posterior de la cabeza de las gallinas mediante la aplicación de un tinte negro, a partir del primer día de edad. Este tinte se aplicó sobre la cabeza de las gallinas de forma que fuese notable y marcarse una diferencia entre las teñidas y las no teñidas.

Los tratamientos fenotípicos iniciales fueron los siguientes:

- Grupos 100% marcados: Todos los individuos marcados en día 1.
- Grupos 0% marcados: Todos los individuos permanecen intactos.
- Grupos 30% marcados: Se marcarán el 30% de los animales en día 1.
- Grupos 50% marcados: Se marcarán el 30% de los animales en día 1.
- Grupos 70% marcados: Se marcarán el 70% de los animales en día 1.

A continuación, dentro de los grupos homogéneos iniciales (0% y 100%) las proporciones de animales marcados o desmarcados fueron variando en un 30, 50 y 70% en las semanas de edad 34, 38 y 44, respectivamente. Las gallinas dentro de los grupos inicialmente heterogéneos de 30, 50 y 70%, se mantuvieron sin cambios y se emplearon como grupos control.

Los resultados obtenidos indican que el 30% de las gallinas marcadas de los grupos de 10 mostraron un PC inferior a las 24 semanas que las 70% restantes sin marcar, mientras que en los otros grupos mostraron PC similares. No se encontraron diferencias en la puesta de huevos durante esta fase.

Por otra parte, durante la segunda fase los grupos de 40 mostraron reducciones significativas en el PC y en la producción diaria de huevos (media semanal) a partir del 30% de los cambios de la AF, en comparación con sus grupos de control. No se encontraron diferencias en los recintos de 10 gallinas y los grupos de 20 mostrando resultados intermedios. Se encontró una reducción temporal en la producción de huevos después de los cambios de 50% AF. No se encontraron más impactos productivos después de 70% AF. Los resultados obtenidos sugieren que las diferencias en la apariencia de la gallina, que puedan ocurrir debido a las variaciones en el estado de salud, lesiones y otras causas naturales, puede ser fundamental para las prácticas de gestión de producción y bienestar dependiendo tanto del tamaño del grupo y a la experiencia previa de las aves a la convivencia con grupos de heterogeneidad fenotípica.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE IMÁGENES	VIII
0. AGRADECIMIENTOS	0
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Producción avícola	4
2.1.1 El sector avícola	4
2.1.2 Razas de gallinas	5
2.1.3 Estirpe Hy-line Brown	6
2.1.4 Objetivos en la producción de huevos.....	7
2.1.5 Diferentes sistemas de producción	7
2.2 Bienestar animal.....	9
2.2.1 Introducción	9
2.2.2 Normativa Vigente	9
3.OBJETIVOS	11
4. MATERIALES Y MÉTODOS	12
4.1 Animales y condiciones de la cría.....	12
4.2 Fase de diseño Experimental I: misma apariencia fenotípica (AF) a través del tiempo	19
4.3 Fase experimental II: Alteración de la apariencia fenotípica (AF) de grupos homogéneos....	21
4.4 Magnitudes de medida	22
4.5 Análisis estadístico	23
5. RESULTADOS	26
	IV

5.1 Fase I: Efecto de la apariencia fenotípica (AF) a las distintas edades del animal.....	26
5.2 Fase II: el cambio de una parte del grupo AF a través del tiempo	28
6. DISCUSIÓN	38
7. CONCLUSIONES	47
8.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución del censo de gallinas ponedoras por CCAA (Magrama 2013)	5
Tabla 2. Características del huevo.....	6
Tabla 3. Componentes analíticos del pienso de gallinas de 0 a 6 semanas de edad.....	14
Tabla 4. Componentes analíticos del pienso de gallinas de 6 a 18 semanas de edad.....	15
Tabla 5. Componentes analíticos del pienso de gallinas de 18 semanas en adelante.....	15
Tabla 6. Manejo de la T ^a dentro de la nave	16
Tabla 7. Control sanitario de las aves	17
Tabla 8. Diseño experimental fase I y II sobre la asignación de la apariencia fenotípica (AF) dentro de los recintos de cada tamaño de grupo (10, 20, 40 aves).	19
Tabla 9. Resultados estadísticos de la ganancia del peso corporal (mostrado en la figura 2) después de haber realizado los cambios de la apariencia fenotípico en una proporción incrementada del recinto.....	28
Tabla 10. Resumen de los resultados estadísticos de la ganancia del peso corporal (mostrado en la figura 3) acorde con el orden en los cambios de la AF de los animales (AF no cambiada o alterada durante los cambios fenotípicos de las fases 1 ^a , 2 ^a y 3 ^a)	32
Tabla 11. Resumen de los resultados estadísticos de la producción diaria de huevos por corral después de los cambios artificiales de la apariencia fenotípica (AF).....	33
Tabla 12. Media (\pm error estándar) de las características físicas de los huevos después de aumentar la proporción de animales dentro del recinto artificialmente cambiado.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción total de huevos en La Unión Europea 2012 (miles de toneladas)(Magrama2013)	4
Figura 2. Plano general de la nave de producción.....	13
Figura 3. Horas de luz al día dentro de la nave	17
Figura 4. Pesos corporales de las gallinas a distintas edades	27
Figura 5. Ganancia del peso corporal (%) durante las distintas fases	29
Figura 6. Ganancia de peso dependiendo el tiempo en el que se aplica el tratamiento.....	31
Figura 7. Puesta de huevos con el primer cambio fenotípico.....	35
Figura 8. Puesta de huevos después del 2º cambio fenotípico	36

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.Foto general de la nave.....	12
Imagen 2. Recintos de las aves para los diferentes tamaños de grupo	14
Imagen 3. Marcaje de los animales	18
Imagen 4. Animales marcados y no marcados	20
Imagen 5. Tinte de coloración.....	21
Imagen 6. Bascula para el pesaje de los animales	22
Imagen 7. Calibre	23

0. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Inma directora de mi proyecto le quiero agradecer el trato que he recibido por su parte, el tiempo que me ha dedicado y sobre todo que me dejase formar parte de su equipo en este trabajo. Es de agradecer también la manera en que ella me ha integrado en el departamento de producción animal de Neiker y en su grupo de trabajo.

También me gustaría dar las gracias a la Universidad Pública de Navarra la oportunidad que me ha brindado durante 5 años de poder estudiar en ella. A su vez también tengo que agradecer a Josean Mendizabal la oportunidad que me dio al ponerme en contacto con Neiker para poder desarrollar este trabajo en sus instalaciones.

A su grupo de trabajo formado por Irene, Iurancha y Guiomar que me han acogido muy bien y me ha facilitado mucho el trabajo. También tengo que nombrar en estos agradecimientos a Raul H. Marin que gracias a él toda la parte estadística la he podido llevar a cabo.

Por ultimo y quizás los más importantes quisiera darles las gracias a mis padres ya que ellos han sido los que han hecho realidad todo esto. Sin su esfuerzo dedicación y sacrificio no hubiese podido lograr acabar esta carrera

1. INTRODUCCIÓN

El bienestar animal es uno de los factores clave en los sistemas de producción animal actuales. En este sentido, la directiva europea sobre bienestar de las gallinas ponedoras 1999/74/CE cuya aplicación es obligado cumplimiento desde el 1 de Enero de 2012, ha sido un factor que ha supuesto una gran renovación en la producción de huevos.

Por esta razón la industria avícola se enfrenta permanentemente a nuevos retos y cambios con el fin de adaptarse a los nuevos intereses del mercado, las nuevas regulaciones, y para seguir mejorando la productividad, así como el bienestar de las aves. Es evidente que todos esos cambios pueden tener graves consecuencias económicas para el sector, ya que, los costes de producción aumentan. En los sistemas de producción alternativos modernos, las aves tienen la ventaja de disfrutar de mayores oportunidades de comportamiento y la libertad de movimientos (Appleby y Hughes, 1991) .

Sin embargo, estas oportunidades también pueden aumentar la aparición de comportamientos no deseados que conducen a consecuencias negativas en términos de bienestar de los animales, de salud y de productividad de las gallinas ponedoras (Sossidou y Elson, 2009). Uno de los principales problemas detectados es el mayor riesgo de lesiones y de mortalidad como consecuencia de la agresión y el canibalismo que puede ocurrir incluso cuando se aplica el recorte del pico (Elson, 2008). Estas conductas, una vez que aparecen, pueden extenderse fácilmente dentro de las poblaciones mediante el aprendizaje (Cloutier et al., 2002), con consecuencias nefastas en términos de salud de las aves, bienestar, rendimiento y rentabilidad económica de los avicultores.

En las jaulas en batería convencionales, las interacciones sociales no deseadas es probable que sean aisladas ya que el número de aves alojadas en la jaula es reducido, incluso pueden llegar a ser jaulas individuales. Por el contrario en jaulas enriquecidas y otros sistemas de producción alternativos, con mayor número de aves por grupo, el problema fácilmente puede extenderse a toda la población afectando en muchas más ocasiones. Por lo tanto, varios problemas de gestión de los sistemas de producción alternativos surgen como consecuencia del mantenimiento de los grupos más grandes, tanto

en jaulas como en recintos enriquecidos. Además, los tamaños de grupos grandes se han asociado con una mayor mortalidad y una mayor presencia de respuestas de miedo, daños en plumas y piel, peso corporal reducido y la disminución en la producción de huevos (Hughes y Duncan, 1972; Craig y Adams, 1984 ; Bilcik y Keeling, 1999; Nicol et al., 1999; Keeling et al., 2003).

Estas interacciones agresivas sociales dentro de un grupo de aves de corral se sabe que están dirigidos hacia los individuos subordinados (McBride, 1964; Guhl, 1968). Estas interacciones no parecen ocurrir al azar, y se han relacionado con la apariencia específica del fenotipo (AF) del agresor y del receptor de la interacción, incluyendo aspectos tales como la masa corporal, el tamaño de la cresta e incluso su experiencia social anterior (Guhl y Ortman, 1953; Cloutier y Newberry, 2002).

Una experiencia de éxito en un encuentro anterior mejorará la probabilidad de ganar de nuevo en futuras interacciones, mientras que una experiencia previa de derrota aumentará las posibilidades de derrota en posteriores encuentros (Hsu y Wolf, 1999; Cloutier y Newberry, 2000; Beacham, 2003; Hsu et al, 2006.;). La familiaridad o falta de ella, es también un factor importante pertinente demostrada en la dinámica del grupo de las aves de corral (Lindberg y Nicol, 1996; Marin et al, 2001.). Sin embargo, D' Eath y Keeling (2003) propusieron que el reconocimiento individual, aunque relevante en pequeños grupos, puede no serlo tanto en grupos grandes donde las interacciones agresivas y otros tipos de relaciones sociales podrían basarse en cambios fenotípicos (Pagel y Dawkins, 1997). Estos autores indican que en grupos grandes, los cambios fenotípicos pueden tener lugar en las relaciones de dominancia activa, y sugirieron que las marcas de identificación, ya sean positivas o negativas, pueden incrementar la posibilidad de reconocimiento de la condición social de las aves. Curiosamente, también se ha observado que las aves que son fenotípicamente diferentes de sus congéneres (por ejemplo, debido a la variación natural en la coloración) se encuentran en mayor riesgo de ser picoteadas y posiblemente heridas tanto en condiciones experimentales (Estévez et al. 2003, Dennis et al. 2008), como en instalaciones comerciales.

Guhl y Ortman (1953) y Guhl (1968) descubrieron que los pollos que fueron alterados de forma experimental en su apariencia física (al perder parte de sus plumas, añadiendo extensiones de plumas y las alteraciones de la cresta) recibieron altos niveles de agresión por parte de sus subordinados anteriores, cuando regresaron a su grupo original. También se ha demostrado que la inclusión de marcas en las aves puede potencialmente alterar no sólo las respuestas de comportamiento, sino también las respuestas de las aves marcadas relacionadas con el estrés hormonal (Dennis et al., 2008).

Todo esto en conjunto, sugiere que la dinámica social en las aves de corral puede ser mucho más compleja de lo previsto. Factores como la apariencia fenotípica (AF), la experiencia previa, la familiaridad y el tamaño de grupo (TG), podrían desempeñar un papel muy importante en las relaciones entre las gallinas, que modulan su adaptación a las nuevas situaciones particulares (Jones, 1996; Biloc y Keeling, 1999; Estévez et al., 2003; 2007; Sossidou y Elson, 2009). La calidad de estas relaciones puede tener consecuencias importantes en la gestión, producción, salud y bienestar de las aves.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

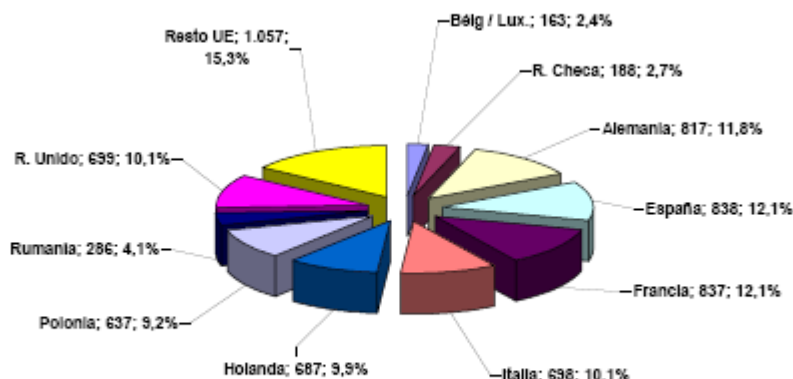
2.1 Producción avícola

2.1.1 El sector avícola

La producción de huevos en España y en el mundo no es algo nuevo. Esta práctica está extendida por todo el mundo. Dentro de la ganadería es una de las producciones más importantes económicamente hablando supone un 8,17% de la producción final ganadera y es el quinto sector más importante (Magrama 2013). Este sector supera los 1322 millones de euros en España.

España, que cuenta con uno censo de alrededor de 42 millones de gallinas, es uno de los principales países productores dentro de la UE (Figura 1). Está situada entre los 4 países más importantes con respecto a la producción de huevos de Europa. Tanto es así, que en este producto es un país excedentario y por lo tanto un gran exportador de huevos. Los países que importan nuestros huevos son principalmente Francia y Alemania

Figura 1. Producción total de huevos en La Unión Europea 2012 (miles de toneladas)(Magrama2013)



Dentro de España se puede apreciar como el centro peninsular es el lugar donde la producción avícola tiene mayor importancia(tabla 1.). La importancia en el sector avícola tanto de País Vasco como de Navarra va aumentando poco a poco. En Navarra actualmente

se sitúan el 5% de las granjas de producción que hay en España. En 1 año se ha multiplicado en algo más de 2 el número de granjas en la Comunidad Foral, pasando de 28 granjas a 62 (Magrama 2013).

Tabla 1. Distribución del censo de gallinas ponedoras por CCAA (Magrama 2013)

CC. AA.	Miles aves	%
Galicia	3.027	6,1
País Vasco	1.173	2,4
Aragón	4.387	8,9
Cataluña	4.238	8,6
Cast y León	9.401	19,0
Madrid	1.548	3,1
Cast.-Mancha	12.886	26,0
C. Valenciana	4.258	8,6
Extremadura	1.286	2,6
Andalucía	3.180	6,4
Canarias	1.636	3,3
Resto	2.474	5,0
Total	49.494	100,0

2.1.2 Razas de gallinas

La manera de clasificar a los animales de producción, en general, es diferenciando rasgos morfológicos y productivos. Para la clasificación de una gallina se debe utilizar el siguiente criterio:

- Raza: conjunto de animales con características morfológicas, productivas que las transmiten a su descendientes
- Variedad: conjunto de individuos dentro de una raza que tienen características morfológicas propias (Ej.: plumaje)
- Estirpe: es una población cerrada de animales de la misma raza y variedad que ha sido creada por selección genética para su posterior explotación comercial

Después de atender a estos criterios una de las posibles divisiones que se puede hacer es teniendo en cuenta el tamaño corporal de las gallinas. Así se pueden clasificar en:

- Ligeras: son gallinas con un peso corporal entre 1,6-1,8 kg, de origen mediterráneo, estas gallinas ponen huevos blancos
- Semipesadas: son gallinas con un peso corporal entre 2,5-2.8 kg, de origen atlántico, estas gallinas ponen huevos marrones (son las que actualmente se emplean mayoritariamente en Europa para la producción de huevos)
- Pesadas: son gallinas con un peso corporal de 3-3,5 kg, de origen asiático que se emplean para la producción de carne.

2.1.3 *Estirpe Hy-line Brown*

La estirpe Hy-line Brown la constituyen gallinas semipesadas de huevo marrón. Actualmente es una de las estirpes de mayor interés comercial en Europa. Son gallinas con un promedio de producción anual de 300 huevos. Su inicio de puesta se da a partir de las 16-18 semanas de edad. Su pico de puesta se sitúa alrededor del 96%. El ciclo de puesta viene a durar algo más de un año. Estas gallinas tienen un índice de conversión alrededor de 2.

Respecto a las características del huevo estas gallinas se caracterizan por poner unos huevos de una calidad excelente, tanto en el color y dureza de la cáscara como en una excelente calidad proteínica del huevo (tabla 2).

Tabla 2. Características del huevo

Resistencia de la Cáscara	Excelente
Unidades Haugh a las 38 Semanas	90
Unidades Haugh a las 56 Semanas	84
Unidades Haugh a las 70 Semanas	81

Como se puede observar en la tabla las unidades Haugh a mitad del ciclo de producción son excelentes, después disminuyen un poco pero siguen siendo unos huevos de una calidad proteica muy buena.

2.1.4 Objetivos en la producción de huevos

Al igual que en todas actividades económicas, el sector de las gallinas ponedoras también busca maximizar sus beneficios. Para ello lo que hay que intentar es que los costes de producción sean lo más bajos posibles, que el rendimiento de los animales sea el mayor y por lo tanto que los beneficios de la explotación sean lo más elevados posibles.

Los avicultores tratan de conseguir todo esto, para ello intentan llevar una producción ordenada para lograr:

- El mayor número de huevos por cada gallina
- Persistencia en la puesta
- Obtener unos buenos índices de conversión
- Obtener una buena calidad de huevo (peso, color, dureza de la cascara)

2.1.5 Diferentes sistemas de producción

Al igual que en otros sectores en el sector de la avicultura también existen diferentes sistemas de producción. Existen:

- Producción en jaulas enriquecidas
- Producción de gallinas en suelo
- Producción de gallinas camperas
- Producción de gallinas en ecológico

La mayor producción de huevos se da en jaulas enriquecidas, este es el sistema con menos costes de los 4. Sin embargo, en los huevos producidos en los otros sistemas tienen mayor valor. En el norte de Europa la mayoría de los huevos producidos son en sistemas alternativos (suelo, campera o ecológico). En el sur sin embargo, son las jaulas enriquecidas el sistema con mayor importancia.

Las diferencias entre unos sistemas y otros son muy significativas. Mientras que en jaulas las gallinas no pueden salir de ellas, en suelo las gallinas pueden andar y tienen

libertad de movimientos en toda la nave. En camperas al igual que en suelo, las gallinas tienen libertad de movimiento por dentro de la nave y además, tienen opción a salir al exterior del recinto ya que poseen un terreno alrededor de la nave acondicionado para ellas.

2.2 Bienestar animal

2.2.1 Introducción

El término de bienestar animal aunque entre los productores e investigadores es algo familiar, para los consumidores es algo relativamente nuevo y al que se le empieza a prestar cada vez más atención. El abuso y el maltrato animal no están justificados económicamente en ningún caso. Existe una mayor sensibilización hacia este tema por parte de los consumidores.

Gracias a los estudios realizados, se conoce cuales son las bases de su comportamiento y cuáles son las prácticas de manejo más adecuadas para facilitar que los animales se sienten más cómodos dentro de las explotaciones. Este conocimiento además posibilita el desarrollo de métodos de producción más adecuados a las necesidades biológicas de los animales lo que repercute en un incremento de su bienestar y eficiencia productiva.

Según el Comité del Bienestar de los Animales de Granja (FAWC) los cinco puntos que un animal debe cumplir en una granja son:

1. Ausencia de sed y de hambre
2. Libertad de incomodidad
3. Estar libre de heridas, enfermedades y dolor
4. Libertad de expresar su comportamiento normal
5. Estar libres de miedo y angustias

Para que todo esto se cumpla en La Unión Europea existen unas normativas que regulan la producción, el transporte y el sacrificio de los animales.

2.2.2 Normativa Vigente

Actualmente la normativa que regula el bienestar de las gallinas en La Unión Europea es la Directiva 1999/74/CE. En España el Real Decreto 3/2002 del 11 de Enero es una transposición de esta Directiva. En ella se prohíbe la instalación de jaulas no

acondicionadas a partir del 2003 y se obliga a cambiar las actuales jaulas no acondicionadas por unas acondicionadas antes del 1 de Enero de 2012.

Todas las jaulas cumplirán, al menos, los requisitos siguientes (BOE):

1. Las gallinas ponedoras deberán disponer:
 - a) De, al menos, 750 centímetros cuadrados de superficie de la jaula por gallina, 600 centímetros cuadrados de ellos de superficie utilizable, en el bien entendido de que la altura de la jaula aparte de la existente por encima de la superficie utilizable deberá ser como mínimo de 20 centímetros en cualquier punto y que la superficie total de la jaula no podrá ser inferior a 2.000 centímetros cuadrados.
 - b) De un nido.
 - c) De una yacija que permita picotear y escarbar.
 - d) De aseladeros convenientes que ofrezcan como mínimo un espacio de 15 centímetros por gallina.
2. Deberá preverse un comedero que pueda ser utilizado sin restricciones. Su longitud deberá ser como mínimo de 12 centímetros multiplicada por el número de gallinas en la jaula.
3. Cada jaula deberá disponer de un bebedero apropiado, teniendo en cuenta, especialmente, el tamaño del grupo. En el caso de los bebederos con conexiones, al menos dos boquillas o dos tazas deberán encontrarse al alcance de cada gallina.
4. Para facilitar la inspección, la instalación y la retirada de animales, las hileras de jaulas deberán estar separadas por pasillos de 90 centímetros de ancho como mínimo, y deberá haber un espacio de 35 centímetros como mínimo entre el suelo del establecimiento y las jaulas de las hileras inferiores.
5. Las jaulas estarán equipadas con dispositivos adecuados de recorte de uñas.

3.OBJETIVOS

El objetivo de este estudio fue evaluar si las diferencias o cambios en la apariencia fenotípica (AF) de gallinas ponedoras Hy-line Brown pueden afectar a su peso corporal (PC) y a la producción de huevos y en caso afirmativo, si estos efectos son dependientes del tamaño de grupo (TG) y de la experiencia previa. En una primera fase, se evaluaron los efectos del TG en grupos con AF ya sea homogénea o heterogénea desde el primer día de edad. El objetivo fue determinar si las variaciones en el TG y la apariencia fenotípica desde una edad muy temprana pueden afectar a la dinámica del grupo repercutiendo sobre los principales parámetros de rendimiento (PC, edad a la que alcanzan la pubertad y producción de huevos).

En una segunda fase, cuando las gallinas llegaron a la edad adulta, y alcanzaron su punto máximo de producción de huevos, diferentes proporciones de las gallinas fueron alteradas con respecto a su AF dentro de los grupos inicialmente homogéneos. El objetivo fue determinar si los cambios secuenciales de fenotipo de las gallinas pueden afectar el rendimiento del grupo impactando en parámetros como PC y producción de huevos. De manera similar a la primera fase, también se determinó si ese efecto puede ser dependiente del tamaño del grupo.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Este experimento fue aprobado por el comité de ética de Neiker-Tecnalia en el cumplimiento de la legislación española sobre la utilización de animales para experimentación y otros fines científicos (Real Decreto 1201/2005)

4.1 Animales y condiciones de la cría

Para el estudio se utilizaron 1200 pollitas de un día de edad, de la estirpe Hy-Line Brown que se adquirieron en Avigan Terralta (Tarragona, España), desde donde se transportaron a una nueva instalación avícola experimental en el centro de investigación de Neiker-Tecnalia (Vitoria-Gasteiz, España) (Imagen 1).

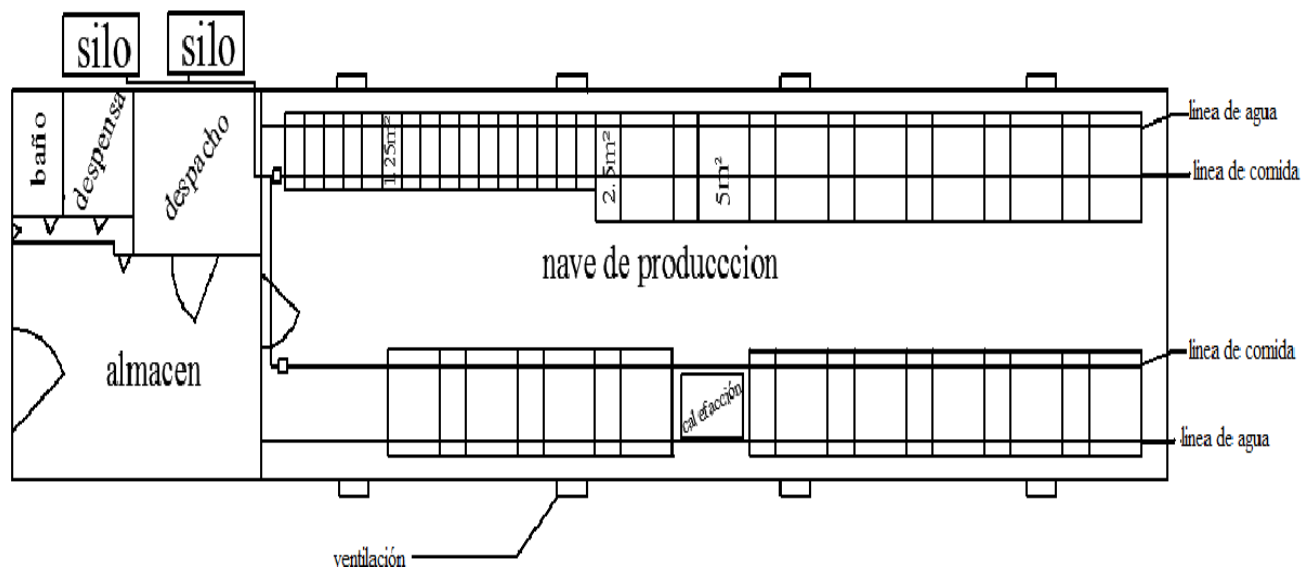
Imagen 1.Foto general de la nave



Nada más llegar, 1.050 pollitas fueron asignadas al azar a uno de los 45 recintos en grupos de 10, 20 o 40 aves (TG 10, 20 y 40, respectivamente; 15 recintos por TG). Las otras 150

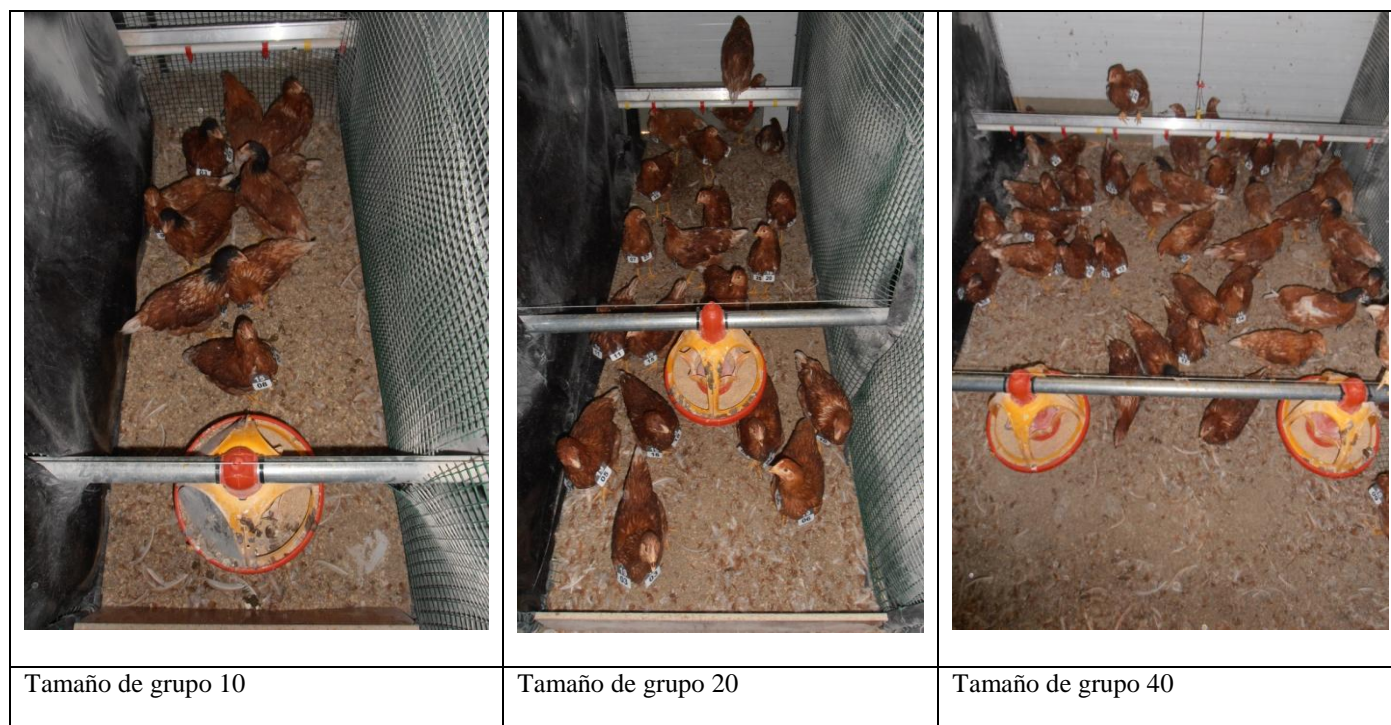
aves fueron colocadas en recintos complementarios para reemplazar las bajas de los animales de experimentación que se produjeron durante los primeros 10 días del período de crecimiento. Todas las aves se mantuvieron a la misma densidad (8 aves/m²).

Figura 2. Plano general de la nave de producción.



Por lo tanto, las dimensiones del corral variaron de acuerdo con TG, así los grupos de 10, 20 y 40 aves se alojaron en recintos de 0,75 x 1,78 m (1.25m²) 1,00 x 2,50 m (2.5m²) y 2,00 x 2,50 m (5.00m²), respectivamente (Figura 2)(Imagen 2). Cada recinto disponía de bebederos y comederos circulares automáticos proporcional al número de aves alojadas (4 cm² espacio de comedero por ave y 1 bebedero cada 5 aves). Una lámina de plástico negro se adjuntó a los lados de los recintos para evitar el posible contacto visual entre los animales de recintos contiguos. La cama estaba constituida por virutas de madera (aprox. 3kg/m²).

Imagen 2. Recintos de las aves para los diferentes tamaños de grupo



Las aves fueron alimentadas con una dieta *ad libitum* de pienso acorde con la edad de los animales, durante el estudio se emplearon tres piensos de diferente composición:

- Pienso para pollitas de de 0 a 6 semanas de edad (tabla 3)

Composición: Cebada, harina de extracción de soja tostada, maíz, trigo, harina de extracción de semilla de girasol, aceite vegetal, fosfato bicálcico, carbonato cálcico, cloruro de sodio.

Tabla 3. Componentes analíticos del pienso de gallinas de 0 a 6 semanas de edad

COMPONENTES ANALÍTICOS	
Proteína bruta	20%
Materias Grasas Brutas	3,31%
Celulosa Bruta	4,05%
Cenizas Brutas	6%
Metionina	0,5%
Lisina	1,05%

Calcio	1%
Fósforo	0,83%
Sodio	0,14%

- Pienso para pollitas de de 6 a 18 semanas de edad (tabla 4)

Composición: cebada, trigo, harina de extracción de soja tostada, harina de extracción de semilla de girasol, harinilla de trigo, aceite vegetal, fosfato bicálcico, carbonato cálcico, cloruro de sodio.

Tabla 4. Componentes analíticos del pienso de gallinas de 6 a 18 semanas de edad

COMPONENTES ANALÍTICOS	
Proteína bruta	17%
Materias Grasas Brutas	3%
Celulosa Bruta	4,0%
Cenizas Brutas	5%
Metionina	0,35%
Lisina	0,75%
Calcio	0,8%
Fósforo	0,73%
Sodio	0,15%

- Pienso para pollitas de de 18 semanas en adelante (tabla 5)

Composición: cebada, harina de extracción de soja tostada, trigo, maíz, aceite vegetal, fosfato bicalcico, carbonato cálcico, cloruro de sodio.

Tabla 5. Componentes analíticos del pienso de gallinas de 18 semanas en adelante

COMPONENTES ANALÍTICOS	
Proteína bruta	17,5%
Materias Grasas Brutas	4%
Celulosa Bruta	3%
Cenizas Brutas	12%
Metionina	0,4%
Lisina	0,9%
Calcio	3,7%
Fósforo	0,68%
Sodio	0,15%

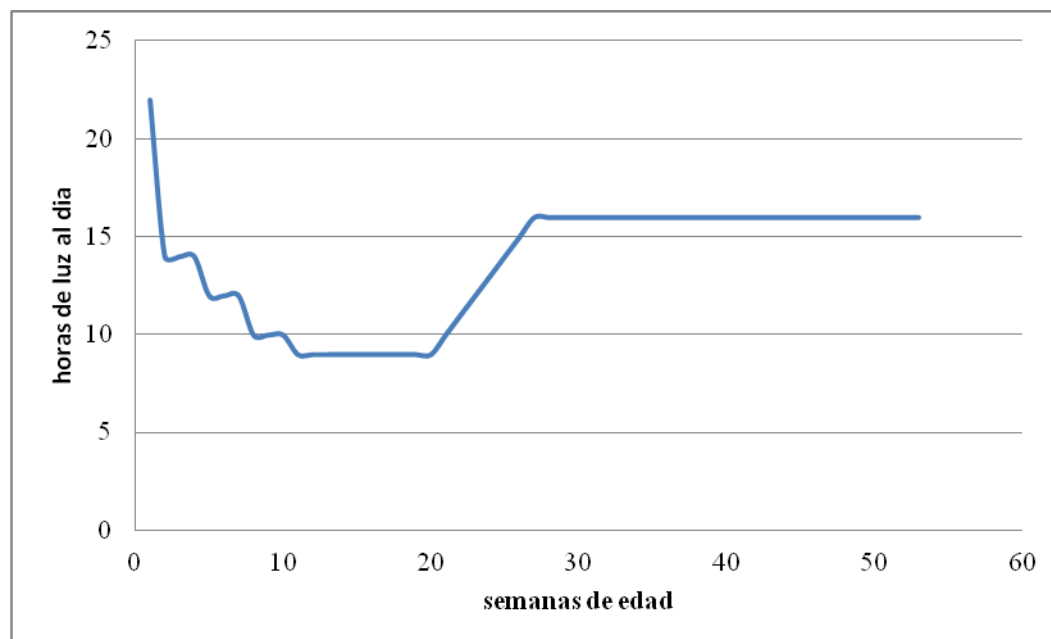
El fotoperiodo, ventilación y temperatura se controlaron mediante un sistema computarizado de acuerdo a prácticas de manejo comerciales. En la tabla 6 se muestra cual fue el manejo de la temperatura dentro de la nave.

Tabla 6. Manejo de la T^a dentro de la nave

Edad de los animales (semanas)	T ^a en °C dentro de la nave
1	27
2	25
3	23
4	21
5	19
6	18
7 semanas en adelante	16,5

Cuando nos referimos a temperatura se trata de la temperatura ambiente dentro de la nave. La oscilación de la temperatura fue de ± 1 o 2 grados entre los diferentes puntos de la nave. La humedad relativa dentro de la nave permanecía constante entre el 60-70%. Con respecto a la ventilación existe un sistema de ventilación que fue diseñado para que cuando los animales fuesen adultos pudiese dar un caudal aproximado de 7 m³/kg de peso vivo a la hora.

Mediante la siguiente grafica se muestra el programa de iluminación durante todo el estudio.

Figura 3. Horas de luz al día dentro de la nave

Las gallinas desde su nacimiento llevaron un control sanitario exhaustivo, en la tabla 7 se detalla las distintas vacunas que se administraron, la edad a la que se les aplicó y el modo de administración.

Tabla 7. Control sanitario de las aves

EDAD	VACUNA	OBSERVACIONES
1 día	Marek + H-120 ¹	sala de incubación
5-10 días	Avipro Salmonella	agua de bebida
12-15 días	Clone 30 ²	spray, 2 atmosferas, 0,25 litros/1000, 2 pasadas
20 días	D-78 Gumboro	agua o spray (idem que en Clone 30)
30 días	D-78 + H-120	agua o spray (idem que en Clone 30)
60 días	H-120 + Clone 30	spray, 3 atmósferas, 0,5-0,7 litros/1.000
70 días	Avipro Salmonella	agua de bebida
90-100 días	ILT ³	gota al ojo
90-100días	AE ⁴ + DV ⁵	membrana del ala

90-100 días	IB + ND + EDS ⁶	0,5 ml. intramuscular
105 días	Avipro Salmonella	agua de bebida

¹ H-120: Bronquitis Infecciosa² Clone 30: Newcastle³ ILT : Laringotraqueitis⁴ AE: Encefalomiелitis⁵ DV: Difterioviruela⁶ IB + ND + EDS: Bronquitis + Newcastle + Caída de puesta

A los dos días de edad, todas las aves fueron marcadas para su reconocimiento individual con dos etiquetas blancas de papel laminado colocadas a cada lado del ala (Cornetto y Estévez, 2001). Las etiquetas incluían el número de corral y un número de identificación de cada una de las aves en el grupo impresos en ambos lados (Dennis et al., 2008). Las etiquetas se fijaron al cuerpo del animal con filamentos de plástico inyectado bajo la piel utilizando el sistema Swiftack (Heartland Animal Health Inc., Fair Play, MO). Las aves se remarcaron a las 8 semanas de edad en ambos lados del cuello con etiquetas más grandes (5 x 5 cm) de acuerdo al tamaño de las aves y al crecimiento de las plumas (Imagen 3).

Imagen 3. Marcaje de los animales



4.2 Fase de diseño Experimental I: misma apariencia fenotípica (AF) a través del tiempo

A su llegada a la nave experimental, la AF de las aves se mantuvo inalterada (sin marcar), o alterada artificialmente (marcada) mediante la colocación de una marca de color negro con un tinte no tóxico en la parte posterior de la cabeza, siguiendo los procedimientos experimentales detallados por Dennis et al. (2008). Así en función de los tratamientos combinados del TG (10, 20, 40) y AF 0, 30, 50, 70 o 100 % el experimento constaba de los siguientes tratamientos experimentales (Tabla 8).

Tabla 8. Diseño experimental fase I y II sobre la asignación de la apariencia fenotípica (AF) dentro de los recintos de cada tamaño de grupo (10, 20, 40 aves).

Marcado	Apariencia	Apariencia		
Original (%)	Fenotípica Fase I	Fenotípica Fase II		
(1 a 34 sem. de edad)		30% cambio	50% cambio	70%
cambio		(34 semanas)	(38 semanas)	(44 semanas)
0	100NM ¹	30M ² y 70NM	50M y 50NM	70M y 30NM
30	30M y 70NM	→		
50	50M y 50NM	→		
70	70M y 30NM	→		
100	100M	30NM y 70M	50NM y 50M	70NM y 30M

¹NM = no marcado; ² M = marcado.

Tanto el grupo del 0% como el del 100% de marcado original actúan como grupos problema del estudio, mientras que los otros tres grupos actúan como grupos control para las diferentes fases del estudio

Para la coloración de la parte posterior de la cabeza se empleo un tinte de coloración negro no tóxico. Para el desmarcado del proceso se empleo un decolorante comercial no tóxico para los animales (Imagen 4).

Imagen 4. Animales marcados y no marcados



Todas las marcas se aplicaron de manera homogénea y las aves se observaron, a lo largo de la fase de crecimiento. Por lo tanto, de acuerdo con la AF de las aves, se estudiaron los siguientes tratamientos:

Grupos homogéneos con 100 % de las aves sin marcar (100 NM)

Grupos homogéneos con 100 % las aves marcadas (100 M)

Grupos heterogéneos con 30 % marcados y el 70% sin marcar (30M-70NM)

Grupos heterogéneos con 50 % marcados y 50% sin marcar (50M-50NM)

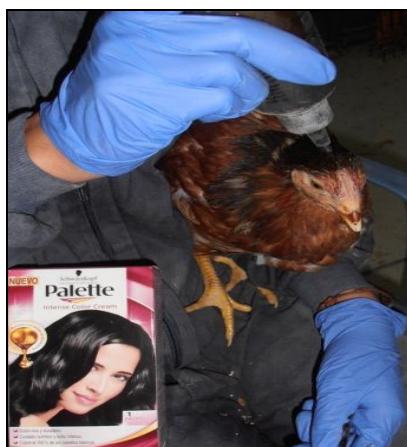
Grupos heterogéneos con 70 % marcados y 30% sin marcar (70M-30NM).

Todos los grupos se mantuvieron con la misma AF asignado hasta 34 semanas de edad. Las mismas aves utilizadas en la fase I también fueron evaluadas durante la fase II.

4.3 Fase experimental II: Alteración de la apariencia fenotípica (AF) de grupos homogéneos

Durante la segunda fase, los grupos con AF inicialmente homogénea (100NM y 100M para todos los TG: 10, 20 y 40) fueron alterados secuencialmente 30, 50 y 70 % de las aves a las 34, 38 y 44 semanas de edad (primero, segundo y tercer cambio AF, respectivamente). El cambio de AF se llevó a cabo eligiendo aleatoriamente en cada recinto las aves a marcar (para 100NM, se usó el mismo procedimiento descrito anteriormente), o desmarcándolos (por 100M, mediante la aplicación de una solución de H₂O₂ durante aproximadamente 30 min a las plumas teñidas) (Imagen 5).

Imagen 5. Tinte de coloración



Específicamente, el 30 % de las aves se alteraron, tanto si fueron marcadas o desmarcadas a 34 semanas de edad (primer cambio de AF), se mantuvo con esta AF asignada hasta el final del estudio. A 38 semanas de edad, un 20% adicional de las aves fueron alteradas (segundo cambio de AF) dentro de los mismos grupos, ya sea marcando o desmarcando para alcanzar un total de 50 % de las aves con alteración de AF. Del mismo modo, a las 44 semanas de edad, se realizó el tercer cambio en la AF en cada recinto. Finalmente un 20 % adicional de las aves que aún permanecía con su fenotipo original, fueron marcadas o desmarcadas para conseguir un total de 70 % de las aves con AF.

El resto de los sujetos dentro del grupo se mantuvieron inalterados, manteniendo el fenotipo original asignado al inicio del estudio. Los grupos asignados inicialmente con composición heterogénea de AF (30M y 70NM , 50M y 50NM , y 70M y 30NM) se mantuvieron con la misma composición fenotípica durante todo el estudio (no hay cambio de la AF original asignada durante la fase II) y sirvieron como controles para los dos grupos que fueron variando su AF durante el estudio (Tabla 8).

4.4 Magnitudes de medida

Se tomaron los pesos corporales (PC) individuales mediante una báscula (PCE-PCS)(Imagen 6), a las 10 , 12 y 24 semanas de edad, durante la fase I del estudio, y de nuevo 4 semanas después del primer (37 semanas), segundo (42 semanas) y tercer (48 semanas) cambio de apariencia fenotípica (AF).

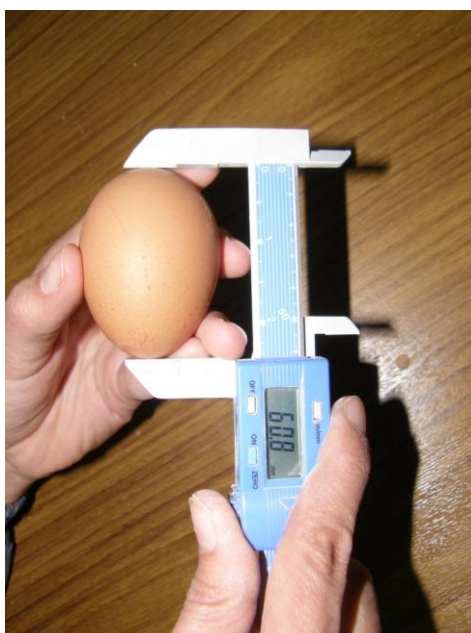
Imagen 6. Bascula para el pesaje de los animales



La producción diaria de huevos por corral se registró durante 33 semanas, desde el comienzo de la puesta (15,5 semanas de edad) Durante el período de estudio, las bajas que hubo no fueron reemplazadas. Para evaluar el inicio de la pubertad de las aves se calculo para cada recinto, la edad media (d) a la que las gallinas pusieron el primer huevo (PRIMERO), momento en que se alcanzo el 25% de la producción (P25%) dentro de cada

recinto, y el 50% de la producción de huevos (P50%) para cada recinto. La producción de huevos de gallina-día acumulados (HGD) se determinó por corral al final de la primera fase, mientras que para la fase II se calculó un HGD semanal. Además, también se registraron las medidas morfométricas de una muestra de 5 huevos por recinto, registrándose el peso del huevo, longitud y anchura. Dichas medidas se tomaron 4 semanas después de cada uno de los cambios fenotípicos realizados utilizando para ello un calibre (Imagen 7).

Imagen 7. Calibre



4.5 Análisis estadístico

Los datos de peso corporal (PC) recogidos en el día 10 y semanas 12 y 24 (fase I) por AF y recinto se analizaron de acuerdo a los procedimientos descritos por Dennis et al. (2008). Para la fase dos se trabajó con las diferencias en el peso corporal medio, se determinaron mediante un modelo mixto de ANOVA con los tratamientos de apariencia fenotípica (AF) (100Nm, 100M, 30M, 70Nm, 50M, 50Nm, 30Nm y 70M) y TG (10, 20 y

40) como efectos fijos, y la edad como una medida repetida. El recinto se incluyó como un efecto aleatorio. Para corregir la heterogeneidad de varianza no se trabajó con los datos reales sino que se ordenaron numéricamente (asignándole valor 1 al mayor) para facilitar su interpretación (Shirley, 1987).

Durante la fase II, para evitar la posible carga sobre los efectos de la fase I, se trabajó con la ganancia de peso que también fue en promedio de acuerdo a los tipos de AF dentro del corral.

Mediante modelo mixto ANOVA se determinó los efectos principales de la AF, TG así como su interacción en la ganancia de peso de cada uno de los cambios de la AF (primero, segundo o tercero), ya que los grupos de control en cada caso fueron diferentes. Para el primer cambio de la AF había ocho grupos de AF que eran 30M, 70Nm, 30Nm, y 70M de grupos con AF se originó en la fase I y sin cambios durante la fase II, y 30M, 70Nm, 30Nm, y 70M de grupos con AF que se ha cambiado a 34 semanas de edad. Para el segundo cambio de AF los seis tratamientos fueron 50M y 50Nm sin cambios, original de la fase I, y el 50M, 50Nm, 50Nm y 50M de grupos con AF cambiados durante la fase II. Por último, para el tercer cambio de AF los tratamientos fueron 70M, 30Nm, 70Nm, y 30M sin cambios, original de la fase I, y el 70M, 30Nm, 70Nm, y 30M de grupos con AF cambiada. En el modelo el recinto también fue incluido como un efecto aleatorio. Además, con el fin de determinar la evolución de la ganancia de peso a través de las medidas, se analizaron los datos de la ganancia de peso durante la fase II teniendo en cuenta el orden en que la AF de cada animal fue cambiado artificialmente (ya sea sin cambios o alterado, ya fuese durante el primero, segundo o tercer cambio de AF).

Por lo tanto, los datos de la ganancia de peso de las aves que fueron marcadas o no marcadas durante cada uno de los cambios de AF se promediaron por recinto y se analizaron utilizando modelos mixtos ANOVAs que examinaron los efectos fijos de orden de la AF cambiante (AF que permanecen sin cambios, AF alterada durante la primer cambio, AF alterada durante la segundo cambio y AF alterada durante la tercer cambio), TG (10, 20 y 40), se tomó el tiempo después del cambio (4 semanas después de la primer

cambio, 4 semanas después de la segundo cambio y 4 semanas después de la tercer cambio, como medida repetida) y sus interacciones. El corral se incluyó como un efecto aleatorio.

Los datos de producción diaria de huevos se evaluaron por recinto. Debido a que no era posible distinguir la procedencia de los huevos respecto a si eran de aves marcadas o no marcadas, los tratamientos AF en este caso fueron: 100Nm, 100M, 30M- 70Nm, 50Nm - 50M y 70M- 30Nm. Los datos para evaluar las diferencias en los parámetros de la pubertad (NOMBRE, P25 % y P50 %) y HGD acumulada al final de la primera fase se analizaron por el modelo mixto ANOVA que incluyó el tratamiento AF (como se describe) y TG como efectos fijos. Las diferencias en HGD después de primera, segunda y tercera cambio AF fueron evaluados por el modelo mixto ANOVA que incorporaron el tratamiento AF, TG y el tiempo después del cambio de AF (antes de los cambios, 1, 2, 3 y 4 semanas después de los cambios, y como medida repetida).

Había cuatro tratamientos AF para la primera modificación AF (30M- 70Nm y 30Nm - 70M de grupos con AF no cambiada , y 30M- 70Nm y 30Nm -70M de grupos con AF cambiados) , tres tratamientos AF para el segundo cambio de AF (50M – 50Nm de grupos con AF sin cambios , y 50M – 50Nm de grupos con AF cambiada marcándos y 50M – 50Nm de grupos con AF cambiada desmarcados) , y cuatro para el cambio de tercer AF (70M- 30Nm y 70Nm -30M de grupos con AF sin cambios , y 70M- 30Nm y 70Nm -30M de grupos con AF cambiada) .

Los datos morfométricos de huevo (peso del huevo, la longitud y anchura) recogidos durante la fase II se promediaron por recinto y se evaluaron mediante un modelo mixto de ANOVA que como los anteriores consideraba los efectos fijos de AF y TG.

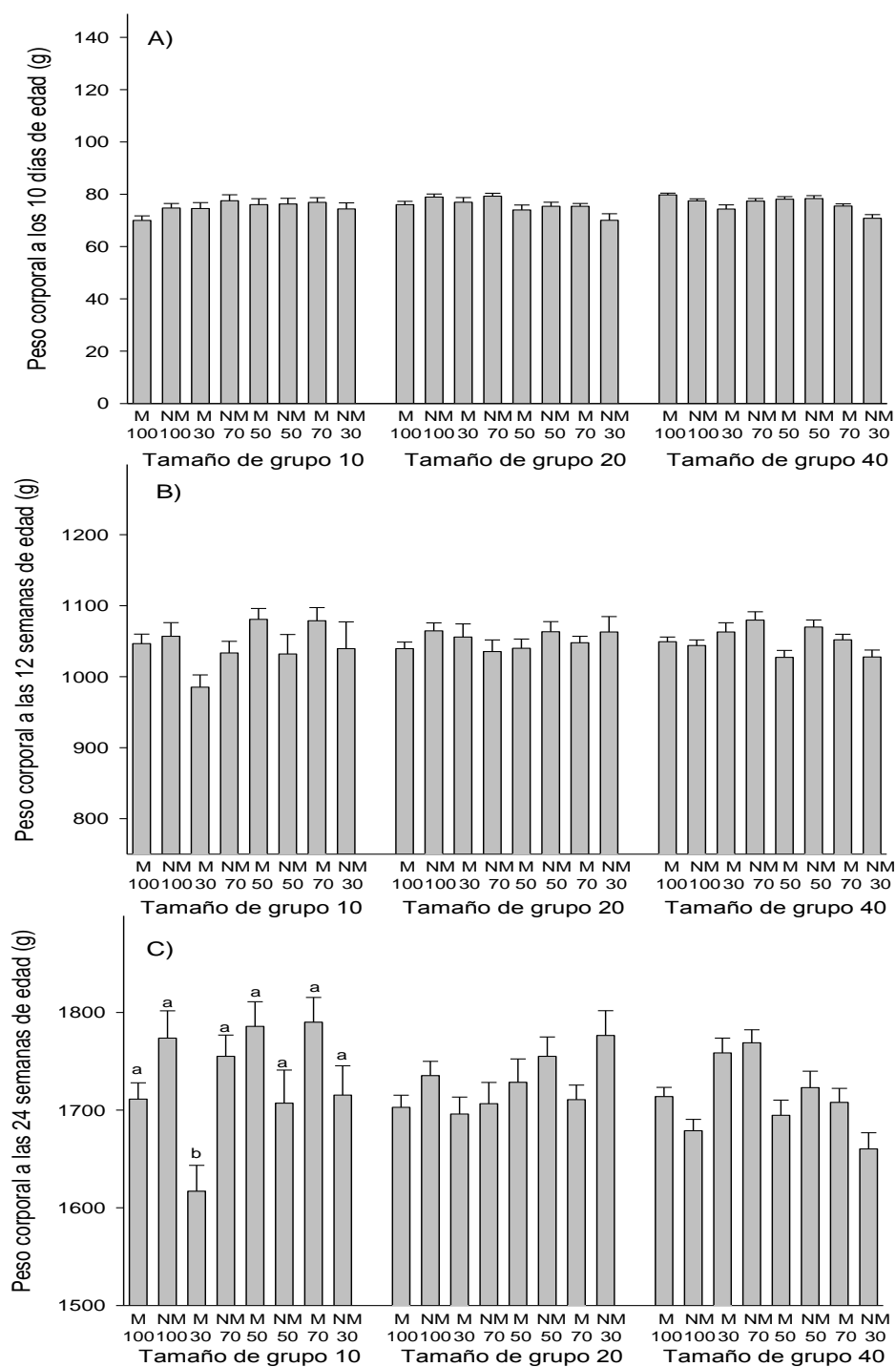
5. RESULTADOS

5.1 Fase I: Efecto de la apariencia fenotípica (AF) a las distintas edades del animal

Los resultados del estudio en relación con el peso corporal (PC) revelaron una interacción significativa entre AF inicial, tamaño de grupo (TG) y la edad ($P = 0,004$; Figura 4). Los pesos corporales fueron similares en todos los grupos a los 10 días y 12 semanas de edad. Sin embargo, a las 24 semanas, las gallinas 30M dentro TG 10 mostraron un menor peso en comparación con su el tratamiento 70Nm dentro del mismo recinto ($P < 0,01$), y con todos los demás grupos de fenotipo alojados en recintos de 10 animales ($P < 0,05$, en todos los casos). Dentro de los grupos de 20 o 40 sujetos, no se detectaron diferencias para PC ($P > 0,05$; Figura 4).

Los análisis de los parámetros de la pubertad no mostraron efectos significativos de la inicial AF o TG ($P > 0,39$ en ambos casos) en PRIMERO, P25% o P50% ($16,5 \pm 0,3$, $20,6 \pm 0,2$ y $23,8 \pm 0,3$ semanas de edad, respectivamente). Del mismo modo, no se detectaron efectos AF o TG ($P > 0,60$ en ambos casos) en la producción de huevos-gallina-día (HGD) acumulativa ($0,96 \pm 0,01$) al final de la fase I (34 semanas de edad).

Figura 4. Pesos corporales de las gallinas a distintas edades



5.2 Fase II: el cambio de una parte del grupo AF a través del tiempo

En la tabla 9 se presentan los resultados para el análisis de la ganancia de peso de la fase II, tras efectuar los cambios correspondientes al 30, 50 y 70% AF cambios que ocurren en las 34, 38 y 44 semanas de edad, respectivamente.

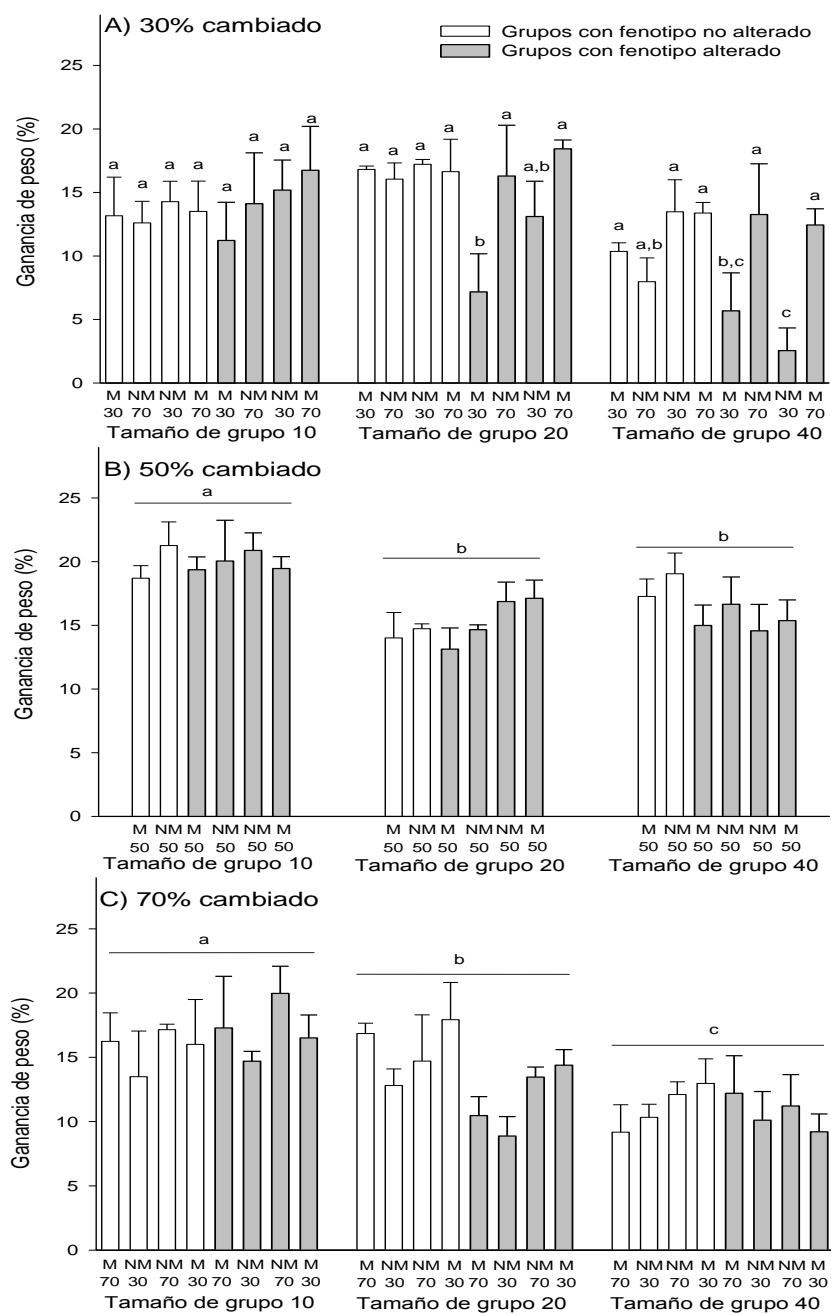
Tabla 9. Resultados estadísticos de la ganancia del peso corporal (mostrado en la figura 2) después de haber realizado los cambios de la apariencia fenotípico en una proporción incrementada del recinto.

	30% cambio			50% cambio			70% cambio		
		F-	P-		F-	P-		F-	P-
Efectos	GL	value	value	GL	value	value	GL	value	value
AF	7, 48	5.51	0.001	5, 36	0.83	0.533	7, 48	1.07	0.399
TG	2, 48	12.03	0.001	2, 36	14.24	0.001	2, 48	10.20	0.001
AF x TG	14, 48	3.29	0.002	10, 36	0.75	0.670	14, 48	0.71	0.748

GL= grados de libertad; TG = tamaño de grupo

Los resultados obtenidos indican que para el 30% de cambio, AF, TG y su interacción afectan a la ganancia de peso de las aves, mientras que para el 50 y el 70% AF cambiada sólo TG muestra efectos significativos (Figura 5).

Figura 5. Ganancia del peso corporal (%) durante las distintas fases



Tras el primer cambio de AF (30%), no se detectaron diferencias entre los grupos AF alojados en grupos de 10, mientras que grupos de 20 y 40 animales mostraron disminuciones en la ganancia de peso (Figura 5A). En concreto, dentro del TG 20, el grupo 30M AF alterada mostraron un incremento de peso significativamente más bajo en comparación con sus compañeros de grupo no alterados (70Nm), así como en comparación con sus controles no alterados de 30M (desde el inicio del estudio) ($P < 0,01$ en ambos casos). El grupo 30Nm de AF alterada mostraron valores intermedios de la ganancia de peso que no difirieron del grupo 30M alterado o sus no- alterados 30Nm controles.

Por otro lado, dentro de TG 40, tanto el 30M alterado y 30Nm alterado mostraron reducciones significativas en la ganancia de peso en comparación con sus homólogos de 70Nm y 70M ($P < 0.01$ en ambos casos) y en comparación con sus respectivos 30M no alterado y 30Nm controles ($P < 0,05$ en ambos casos). Cambios posteriores en la AF, hasta completar un 50 % o 70 % de AF dentro del grupo, no acentuaron el impacto de la AF o una interacción entre el AF y TG en la ganancia de peso. Sólo se detectaron efectos generales en TG donde animales estaban alojados en grupos de 10, se dieron valores mayores que las animales alojados en grupos de 20 y 40 (Figura 5 B y C).

La Figura 6 representa la ganancia media de peso corporal (\pm error estándar) de las gallinas de acuerdo con la orden de cambio AF. La Tabla 10 resume los resultados de los análisis estadísticos.

Figura 6. Ganancia de peso dependiendo el tiempo en el que se aplica el tratamiento

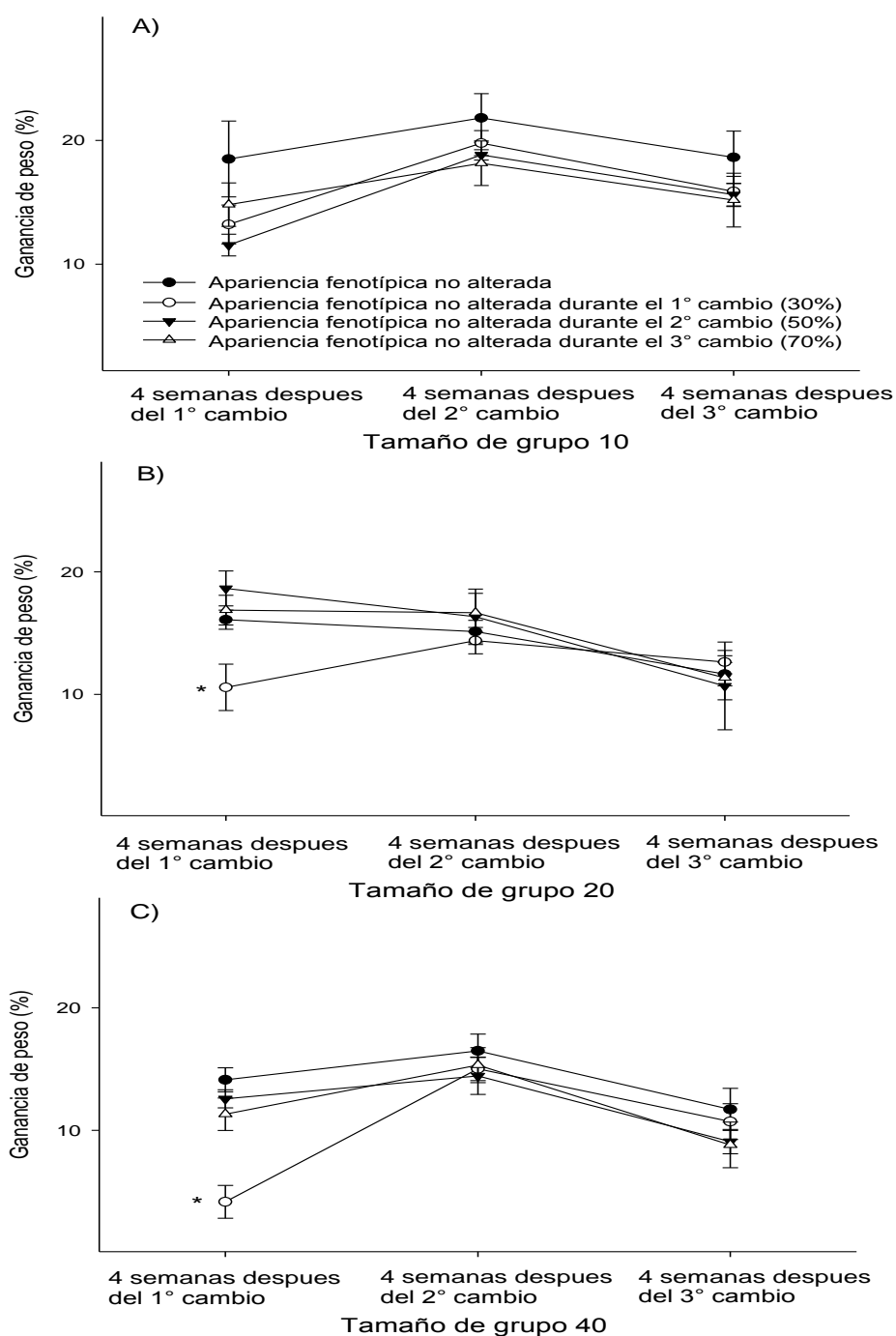


Tabla 10. Resumen de los resultados estadísticos de la ganancia del peso corporal (mostrado en la figura 6) acorde con el orden en los cambios de la AF de los animales (AF no cambiada o alterada durante los cambios fenotípicos de las fases 1ª, 2ª y 3ª)

Efectos	GL	F	P
Orden de cambio AF	3, 60	2.51	0.068
TG	2, 60	12.18	0.000
Tiempo después de cambio AF (TC)	2, 120	61.25	0.000
AF x TG	6, 60	0.84	0.547
Orden de cambio AF x TC	6, 120	8.58	0.000
TG x TC	4, 120	12.02	0.000
Orden de cambio x TG x TC	12, 120	2.37	0.009

GL= grados de libertad; TG = tamaño de grupo.

Los resultados estadísticos indican una interacción significativa entre el orden de cambio de AF, TG y el tiempo después del cambio. Inicialmente, 4 semanas después de la primera de cambio AF, la ganancia de peso de las gallinas alteradas durante este cambio AF mostraron una reducción significativa ($P < 0,01$) en comparación con las gallinas no alteradas. Esta reducción se observó en los grupos de 20 y 40 gallinas, pero no dentro de los grupos de 10. Sin embargo, la ganancia de peso después de los cambios de AF posteriores (segunda o tercera) se recuperó a valores equivalentes a los de las gallinas alojadas en grupos que no han cambiado durante la fase II (que no sea en el día uno después de la llegada). Por otra parte, independientemente del TG, las gallinas que cambiaron de fenotipo durante el segundo o el tercer cambios de AF, respectivamente no mostraron diferencias

ganancia de peso en comparación con sus homólogos no modificados AF ($P > 0.05$ en todos los casos). La tabla 11 resume los resultados de los análisis estadísticos para HGD semanal.

Tabla 11. Resumen de los resultados estadísticos de la producción diaria de huevos por corral después de los cambios artificiales de la apariencia fenotípica (AF)

	1 ^{er} Cambio fenotípico (30% cambio)			2 ^o Cambio fenotípico (50% cambio)			3 ^{er} Cambio fenotípico (70% cambio)		
		F-	P-		F-	P-		F-	P-
Efectos	GL	value	value	DF	value	value	GL	value	value
Tratamiento AF	3, 24	13.72	0.000	2, 18	3.52	0.050	3, 24	0.47	0.708
TG	2, 24	6.41	0.006	2, 18	3.58	0.049	2, 24	0.19	0.830
Tiempo	4, 96	12.56	0.000	4, 72	9.49	0.000	4, 96	9.64	0.000
Tratamiento AF x TG	6, 24	3.64	0.010	4, 18	0.67	0.622	6, 24	1.16	0.362
Tratamiento AF x Tiempo	12, 96	4.62	0.000	8, 72	2.48	0.019	12, 96	0.97	0.483
GS x Tiempo	8, 96	3.21	0.003	8, 72	0.89	0.526	8, 96	0.65	0.736
Tratamiento AF x TG x Tiempo	24, 96	1.84	0.103	16, 72	1.00	0.470	24, 96	1.02	0.453

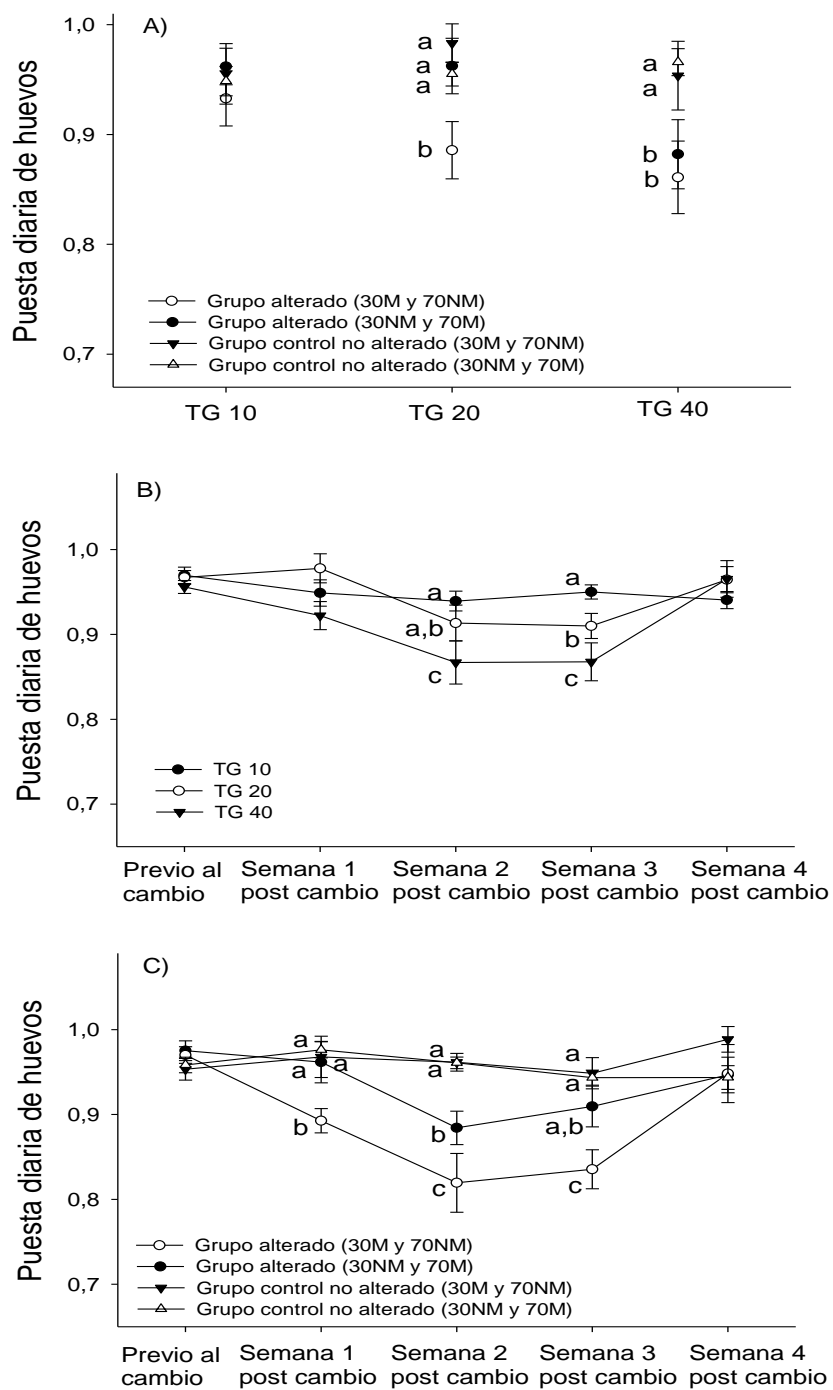
GL= Grados de libertad; TG = Tamaño de grupo; Tiempo = Tiempo después del cambio de AF (antes de los cambios, y 1, 2, 3 y 4 semanas después de los cambios).

Después de cambiar la apariencia del 30% de las gallinas (primer cambio AF) se encontraron interacciones significativas entre el tratamiento AF y TG, el tratamiento AF y el tiempo después de los cambios, TG y tiempo después de los cambios (Figura 4 A, B y C, respectivamente).

No se detectaron diferencias en HGD entre los tratamientos AF en los grupos de 10 animales. Sin embargo, dentro de TG 20, el grupo 30M – 70Nm alterado mostró una

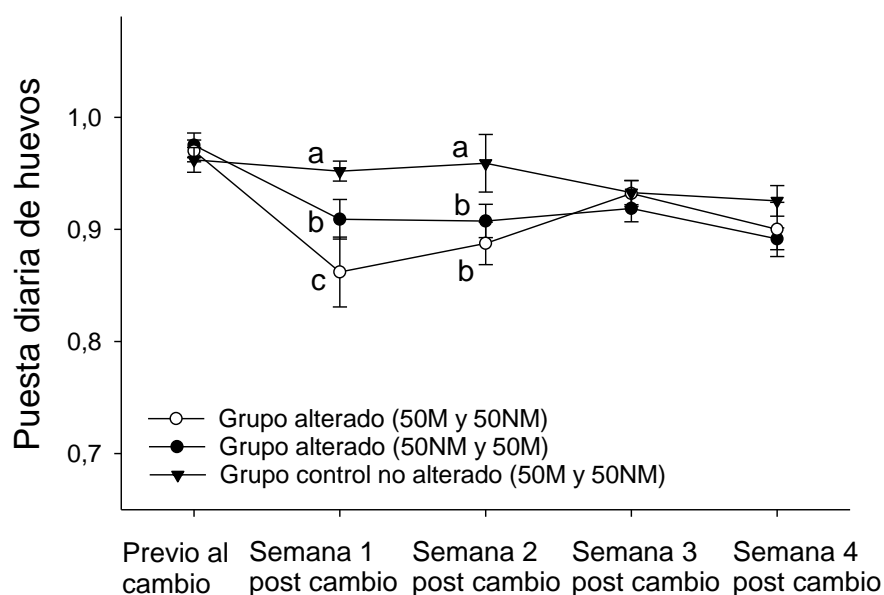
reducción de HGD significativa en comparación con los otros grupos, y dentro de TG 40, los 30M–70Nm y 70M– 30Nm grupos modificados ambos mostraron reducciones significativas en comparación con sus controles sin cambios (Figura 7A) .

Figura 7. Puesta de huevos con el primer cambio fenotípico



En comparación con el TG 10, los grupos de 20 y 40 animales mostraron reducciones después de aplicar la primera de cambio AF (Figura 7B). Grupos cambiados (30M- 70Nm y 70M- 30Nm) mostraron reducciones HGD semanales en comparación con sus controles 30M- 70M- 70Nm y 30Nm. Se observaron los valores más bajos HGD 2 semanas después del cambio de AF, con el grupo 30M- 70Nm mostrando reducciones más profundas que el grupo 70M- 30Nm. Cuatro semanas después del cambio, las recintos con AF alterados recuperaron los niveles de producción de huevos similares que sus recintos de control sin cambios (Figura 7C). El ANOVA después de completar el segundo cambio AF (50% de las gallinas alteradas) mostró que HGD semanal se vio afectado significativamente por una interacción entre la AF y el tiempo después de la aplicación de los cambios (Figura 8). También se detectó un Efecto TG (Tabla 10.)

Figura 8. Puesta de huevos después del 2º cambio fenotípico



La producción HGD fue mayor en las aves alojadas en grupos de 10 sujetos ($0,95 \pm 0,01$) que en las aves alojadas en grupos de 20 ($0,92 \pm 0,01$) o 40 animales ($0,91 \pm 0,02$). Después de la tercera modificación AF (70 % de las gallinas alterados), no se

encontraron efectos significativos de la AF, TG o interacciones entre los factores ($P > 0,36$ en todos los casos). Sólo se encontró que muestran una disminución general de HGD semanal en la última semana del estudio ($0,90 \pm 0,01$) en comparación con las semanas anteriores ($0,94 \pm 0,01$; $0,93 \pm 0,01$; $0,93 \pm 0,01$, y $0,93 \pm 0,01$).

Los análisis estadísticos de los datos morfométricos de huevos recogidos durante la fase II (Tabla 12) no mostraron efectos significativos de la AF, TG y el tiempo después de los cambios de AF, ni las interacciones entre ellos.

Tabla 12. Media (\pm error estándar) de las características físicas de los huevos después de aumentar la proporción de animales dentro del recinto artificialmente cambiado.

Variables	Proporción de la apariencia fenotípica en el recinto alterado											
	30%				50%				70%			
	Recinto no		Recinto		Recinto no		Recinto		Recinto no		Recinto	
	Alterado		Alterado		Alterado		Alterado		Alterado		Alterado	
	30M- 70NM	30NM- 70M	30M- 70NM	30NM- 70M	50M- 50NM	50M- 50NM	50M- 50NM		70M- 30NM	70NM- 30M	70M-30NM	70NM- 30M
<i>TG 10</i>												
Peso huevo	61.5 \pm 1.1	65.8 \pm 0.4	61.3 \pm 1.3	61.6 \pm 1.0	63.5 \pm 0.3	63.1 \pm 0.4	66.4 \pm 1.3	68.7 \pm 1.5	64.7 \pm 1.3	62.8 \pm 1.0	65.2 \pm 1.4	
Longitud	56.6 \pm 0.6	57.5 \pm 0.2	56.0 \pm 0.2	56.7 \pm 0.7	57.2 \pm 0.3	57.5 \pm 0.4	58.1 \pm 0.3	58.1 \pm 0.8	58.4 \pm 0.7	57.1 \pm 0.3	58.5 \pm 1.3	
Amplitud	43.7 \pm 0.3	44.5 \pm 0.2	43.5 \pm 0.3	43.9 \pm 0.4	44.0 \pm 0.1	43.7 \pm 0.3	44.6 \pm 0.5	45.0 \pm 0.5	43.5 \pm 0.8	43.9 \pm 0.2	44.6 \pm 0.4	
<i>TG 20</i>												
Peso huevo	61.0 \pm 1.9	62.1 \pm 1.4	60.9 \pm 0.2	64.3 \pm 1.4	63.3 \pm 1.1	65.6 \pm 1.2	63.9 \pm 1.8	66.3 \pm 0.2	62.5 \pm 1.4	65.0 \pm 1.4	66.7 \pm 0.8	
Longitud	56.4 \pm 0.8	56.9 \pm 0.6	56.6 \pm 0.2	57.6 \pm 0.4	57.6 \pm 0.3	57.4 \pm 0.1	57.5 \pm 0.4	58.7 \pm 0.3	57.4 \pm 0.3	58.3 \pm 0.4	58.7 \pm 0.5	
Amplitud	43.6 \pm 0.4	43.8 \pm 0.1	43.6 \pm 0.2	44.3 \pm 0.4	43.6 \pm 0.3	44.6 \pm 0.4	44.0 \pm 0.6	44.9 \pm 0.2	43.2 \pm 0.4	44.3 \pm 0.4	44.8 \pm 0.2	
<i>TG 40</i>												
Peso huevo	61.1 \pm 0.3	62.3 \pm 1.5	64.7 \pm 3.3	62.7 \pm 0.6	64.7 \pm 0.2	62.8 \pm 1.4	63.3 \pm 0.9	65.2 \pm 0.3	66.5 \pm 2.3	66.7 \pm 0.7	64.2 \pm 1.3	
Longitud	56.6 \pm 0.3	57.3 \pm 0.6	57.8 \pm 1.5	57.2 \pm 0.1	57.8 \pm 0.1	57.5 \pm 0.1	57.2 \pm 0.4	59.1 \pm 0.6	58.2 \pm 0.5	57.7 \pm 1.2	58.0 \pm 0.6	
Amplitud	43.8 \pm 0.3	43.9 \pm 0.4	44.4 \pm 0.7	43.8 \pm 0.2	44.2 \pm 0.1	43.5 \pm 0.6	43.8 \pm 0.1	44.2 \pm 0.1	44.6 \pm 0.4	46.0 \pm 0.5	44.1 \pm 0.3	

6. DISCUSIÓN

Este estudio se diseñó con el objetivo de evaluar los efectos potenciales productivos derivados de alteraciones de la apariencia fenotípica (AF) en la estirpe de gallinas Hy-Line Brown. El diseño experimental fue construido para manipular la AF del grupo variando de 30 a 70% las gallinas marcadas o bien desmarcadas. Estos grupos se compararon con grupos homogéneos no marcados (100NM), y con homogéneos pero con todos sus integrantes marcados (100M). Estos tratamientos se combinaron con tres tamaños de grupo (TG), las respuestas a los cambios de heterogeneidad de AF pueden ser diferentes dependiendo de las dinámicas sociales relacionadas con el tamaño del grupo (Estévez et al., 1997; Estévez et al., 2003).

Aunque las aves de corral comerciales normalmente se crían en grupos homogéneos (todos compartiendo un color de plumaje similar y siendo de la misma edad) algunos sujetos pueden cambiar su AF debido a fenómenos de origen natural (por ejemplo, enfermedades, lesiones). Por lo tanto, para simular este efecto, el experimento incluyó manipulaciones de los fenotipos en grupos homogéneos durante la edad adulta.

Los resultados de la fase I (cambios de AF aplicados en el día 1) mostraron un efecto combinado de la AF, tamaño de grupo (TG) con los efectos de la edad. No se detectaron efectos iniciales evidentes respecto de AF o TG en el peso corporal (PC) a edades tempranas o intermedias (10 d de edad o 12 semanas de edad).

La ausencia de diferencias entre los grupos en estas edades no es inesperada y parece ser coherente con la asignación aleatoria de las aves a los tratamientos AF y TG en el inicio del estudio, y con los procesos de aprendizaje (Bolhuis y Bateson, 1990; Bolhuis y Honey, 1998) que faciliten el reconocimiento en compañeros de recinto a pesar de su grado de heterogeneidad del grupo y su AF.

Sin embargo, aunque los PC de los animales en recintos de TG 20 o 40 fueron similares, a las 24 semanas las aves 30M y TG10 mostraron un PC significativamente menor en comparación con sus compañeros de recinto 70Nm, así como en comparación a

todas las demás grupos de composiciones fenotípicas ubicadas en recintos de TG 10. La puesta de huevos se inició a las 15,5 semanas, alcanzando el 50% en HGD con 23, semanas de edad. Por lo tanto, las diferencias en PC observadas tras el inicio de la puesta podrían relacionarse con los cambios hormonales que ocurren durante el proceso de maduración sexual, un período donde las interacciones sociales potencialmente peligrosas (dominancia y jerarquía) se espera que sean más frecuentes (Savory y Mann, 1997). El hecho de que la respuesta negativa se limitase a los grupos de aves 30M, y no 30Nm, para pequeños TG 10 exclusivamente, puede sugerir, que los animales podrían haber percibido como "diferentes" a los congéneres con una marca visible (manchas negras en la cabeza), pero no a aquellos que a pesar de ser "diferente" no llevan una señal visible.

Teniendo en cuenta el claro efecto del tratamiento de la AF en los grupos pequeños, los resultados de éste estudio sugieren que los efectos de un cambio visible AF parecen estar diluidos en grupos más grandes. Los efectos perjudiciales sobre PC de animales marcados son visibles y consistentes con los resultados obtenidos por Dennis et al., (2008) para los pollos de engorde con un cambio de 20% en su AF. La restricción de los efectos a los grupos pequeños parece ser consistente con la idea de la formación de la jerarquía en pequeños grupos (Ghul, 1968) y de las dinámicas sociales tolerantes en grupos más grandes que no requerirán de ningún reconocimiento individual (Estévez et al., 1997; Estévez et al., 2003).

En este estudio, se manipuló la AF en proporciones constantes a lo largo de los diferentes tratamientos de TG. Por lo tanto, en un grupo pequeño, el 30 % estaría compuesto por 3 aves, mientras que el 30% en TG 20 y 40 serían 6 y 12 aves, respectivamente. Puede parecer hasta cierto punto lógico que siendo una minoría en un grupo pequeño puede no ser equivalente a ser una minoría en un grupo más grande, y el efecto puede ser diluido por el mayor número de aves que comparten un AF común.

La coloración del plumaje se sabe que tiene un papel fundamental actuando como una señal de estatus en aves (Krebs y Davies, 1987; Whitfield, 1987), especialmente los parches de plumas pigmentadas que pueden transmitir la capacidad de lucha de los individuos (Senar, 1999; Senar y Camerino, 1998). Sin embargo, también se especula que

para que una señal sea constante y activa, ésta debería tener un coste asociado (Senar, 1999), posiblemente en la forma de un mayor desafío social (Tibbetts y Dale, 2004). Si es así, es posible que el número reducido de aves con un fenotipo alterado en el TG 10, puede haber contribuido a que estos recibiesen un mayor número de retos sociales de sus compañeros de grupo, y que con el tiempo podrían haber sucumbido al coste social de llevar marcas adicionales.

Estos efectos parecen comenzar a ser visibles en términos de PC a partir de la semana 12, para convertirse en claras y evidentes diferencias a las 24 semanas. Por el contrario, si en grupos más grandes, el nivel de presión social fué menor, como se especula por un tipo tolerante de la organización social en lugar de una estructura jerárquica (Estévez et al., 1997, 2003, 2007), y si los problemas sociales eran más dispersos entre un mayor número de aves fenotípicamente alteradas, es razonable pensar que los efectos sobre la AF podrían haber resultado más difíciles de detectar, por tener un menor coste en términos de desafío social en grupos más grandes (TG20 y TG40).

Esta hipótesis parece estar apoyada por los resultados preliminares de las interacciones agresivas observadas en estos grupos. Los resultados en la producción de huevos no mostraron efectos significativos con respecto a la AF o TG, ya sea en PRIMERO, P25 % o P50 %, y no se detectaron efectos en los huevos-gallina-día (HGD) acumulada al final de la primera fase del estudio (34 semanas de edad).

Estos resultados sugieren que, a pesar de que los cambios de comportamiento y PC pueden ser inducidas por las condiciones sociales particulares usados en el presente trabajo (TG y la combinación AF), cuando se imponen estas condiciones desde una edad temprana, no parecen afectar de manera significativa la producción de huevos totales. Esto se puede explicar teniendo en cuenta los procesos de modulación de la estructura social, el aprendizaje y / o estrategias de tolerancia (McBride et al., 1969; Keeling y Duncan, 1991; Jones, 1996; Estévez et al., 1997; Leone y Estevez, 2008; Leone et al., 2010) que permitiría reducir al mínimo las respuestas al estrés socialmente inducidos que de otro modo podrían comprometer la maduración sexual (Marín et al., 2002).

No obstante, es importante reseñar que aunque para el análisis de PC se promediaron por corral, los datos se registraron de forma individual para individuos alterados y no alterados dentro de cada grupo, y por lo tanto era posible distinguir entre el peso de animales con distintos fenotipos. Sin embargo, los datos de producción de huevos se recogieron por corral ya que no era posible distinguir quien era el individuo que ponía cada uno de los huevos. Por tanto, cualquier efecto de la reducción potencial en la producción de huevos que ocurría en cada grupo AF podría ser "diluido" dentro de la producción de huevos de los compañeros de recinto que representan la mayor proporción de AF. Por lo tanto, los resultados de la producción de huevos y PC no deben compararse directamente. Desafortunadamente, no teníamos medios para recoger los huevos de las gallinas de manera individual.

Por el contrario, los resultados de la fase II ofrecen unos resultados diferentes. Cuando los cambios en la AF se produjeron en grupos homogéneos (100NM y 100M) durante la fase adulta, la ganancia de peso corporal y la producción de huevos descendieron en los tratamientos 30M y 30NM en TG 40, así como en los de 20, pero de una manera menos pronunciada para 30NM.

Por el contrario, no se detectaron cambios en la ganancia de peso o HGD entre los diferentes tratamientos de AF en recintos de 10. Es importante destacar que, el impacto de la AF sobre el cambio de HGD fue mayor cuando el fenotipo se cambió mediante el marcado de las gallinas (30M) que cuando las marcas se eliminaron (30NM), y la intensidad del impacto fue mayor en los grupos más grandes de 40 aves.

En todos los casos HGD se recuperó a los valores iniciales 4 semanas después del cambio en AF. La explicación de estos resultados es compleja, pero sugiere que las aves discriminaron ambos tipos de cambios de AF, y que en ambos casos estos cambios producen suficientes e importantes desafíos sociales, con graves consecuencias a nivel fisiológico que se reflejan en la ganancia de peso y la producción de huevos.

Sin embargo, las aves fueron capaces de volver a los niveles iniciales de ganancia de peso corporal y la producción de huevos, tal vez debido a un alto grado de plasticidad

social que permite la incorporación de 'fenotipos diferentes' a la dinámica social. Esta idea puede apoyarse por los hallazgos que demuestran que cambios posteriores de AF para completar el 50% o 70% no tuvieron un impacto significativo sobre la ganancia de peso, y sólo se detectó una reducción transitoria en HGD predominantemente en 50M y con un menor impacto en 50NM.

Estos resultados sugieren que una vez que el nuevo fenotipo se 'reconoce' dentro de los recintos, cambios fenotípicos posteriores tienen un efecto limitado que se refleja exclusivamente en HGD. Además, los resultados de los cambios en la ganancia de peso, de acuerdo con el orden en que AF de cada gallina se modificó están relacionados con la etapa en que se produjo ese cambio. Es decir, el control frente al animal problema (marcado o no) durante ya sea la primera, segunda o tercera etapa del cambio de AF muestran que los efectos negativos en la ganancia de peso sólo se observaron en las primeras gallinas que fueron sometidas a los cambios. Esto ocurrió a pesar de la nueva asignación de fenotipo (marcado o no) y dentro de los grupos de 20 y 40 aves, pero no dentro de los recintos de 10.

Sin embargo, las ganancias de peso corporal no difirieron entre los grupos después del segundo o tercer cambio fenotípico. Teniendo en cuenta todos estos resultados, es evidente que los efectos de la diversidad fenotípica son distintas cuando se producen cerca del inicio de puesta en comparación con las aves adultas. Es de esperarse que la vinculación social entre los miembros del recinto ocurra temprano en la vida y se basa en el reconocimiento y la discriminación (Doyen, 1987; Zayan, 1987; Jones et al., 1996), incluso en la ausencia de mecanismos de reconocimiento individuales. Por ejemplo, la teoría del reconocimiento de familiares sugiere que la cooperación y la reducción de la agresión pueden ser controlados por la relación percibida (Keller, 1997; Frank, 2013), que en algunas especies parece estar basada en el grado de similitud fenotípica (Hamilton, 1964a, b; Jaisson, 1991).

Por lo tanto, la diversidad fenotípica cuando se produce en las primeras etapas se incorpora generalmente como parte del fenotipo normal. Por el contrario, cuando los cambios se producen en la edad adulta, los cambios repentinos de diversidad fenotípica crearían, al menos de manera temporal, grandes trastornos en la dinámica social

posiblemente debido a que el fenotipo no puede ser reconocido como familiar. Esta situación puede dar lugar a interacciones agresivas más graves en un intento de excluir a los animales que no son reconocidos como miembros del grupo o para minimizar la competencia entre la población de los recursos (Fugle et al., 1984; Järvi et al., 1987).

Se ha propuesto que las situaciones como el amontonamiento, la alteración de la pertenencia a un grupo o grupos grandes que exceden la capacidad de reconocimiento social de los animales pueden inducir alteraciones o impedir totalmente las relaciones sociales naturales con efectos potencialmente perjudiciales para las aves (Jones et al, 1996; Hughes et al., 1997). Por el contrario, Pagel y Dawkins (1997) propusieron que en grupos grandes, cambios de fenotipo pueden hacerse cargo de las relaciones de dominación activos, lo que sugiere que, si bien el propio sujeto no puede ser identificado, una característica identificable podría aumentar la probabilidad de reconocimiento de las aves y relegarlas a un estado social inferior.

Análisis preliminares de comportamiento de las aves en este estudio mostraron que después de alteraciones en la AF, las gallinas alteradas recibieron más agresiones, pasaron menos tiempo comiendo y más tiempo descansando que sus homólogas no alteradas. Por lo tanto, teniendo en cuenta estas diferencias de comportamiento entre las gallinas alteradas y no alteradas, y la disminución del rendimiento observado en el presente estudio, se puede sugerir que las aves alteradas en grupos homogéneos inicialmente fueron tratadas como individuos nuevos, posiblemente, asignándoles un estatus social más bajo, pudiendo llegar a generar estrés en las aves (Senar et al., 2000).

Además, es evidente en este estudio que los fenotipos invasores cuya aparición fue cambiada por la coloración de plumas negras indujeron una respuesta más fuerte, que estaría de acuerdo con la hipótesis de los altos costos de las señales visibles en términos de desafío social (Tibbetts y Dale, 2004), y que explicaría por qué las consecuencias fueron mucho más grave para los fenotipos alterados por la presencia de una marca visible.

Curiosamente, a pesar de que se detectaron reducciones en HGD, esos cambios no fueron acompañados de cambios en el peso del huevo, largo y ancho. Estos resultados

sugieren que el desajuste generado por los cambios de fenotipo puede afectar el número pero no el peso o el tamaño de los huevos. Sin embargo, debido a que esas mediciones se tomaron sobre una muestra aleatoria de cinco huevos por recinto, también es posible que las muestras contuvieran principalmente los huevos puestos por las aves que no fueron afectadas por los trastornos sociales de cambios de AF. En cuanto a las diferencias observadas relacionadas con TG durante la fase II, los resultados son consistentes con estudios que proponen que la organización social de las gallinas ponedoras es dinámica y puede cambiar de un sistema jerárquico de grupos pequeños para un sistema tolerante para grupos más grandes (Estévez et al., 1997; Estévez et al., 2003; Keeling et al., 2003).

En el caso de las gallinas criadas en grupos de TG10, es posible que los altos trastornos sociales provocados por los cambios de AF en el 30% de las gallinas habrían incluido el restablecimiento de una nueva jerarquía social, que normalmente se resuelve en un corto período de tiempo (Zayan, 1987; Bradshaw, 1992).

Por lo tanto, bajo las condiciones de cría de este estudio, con una alta disponibilidad de recursos (agua y comida *ad libitum*) y en el marco de tiempo de muestreo utilizado, los individuos adultos en grupos pequeños no parecen verse afectados de manera significativa, por lo menos respecto a el nivel de acceso a los recursos necesarios para mantener el peso corporal. En los grupos con mayor número de aves y en particular dentro del TG 40, es posible que incluso si un sistema social tolerante fué modulando principalmente interacciones agresivas entre individuos (Estévez et al., 1997), el impacto de los cambios de AF llevó a un desajuste en la dinámica social capaz de generar respuestas de estrés crónicos (Zayan, 1991) con importantes repercusiones en la productividad (Jones, 1996).

En efecto, el restablecimiento y la adaptación a la nueva situación social afectaban claramente el rendimiento de las gallinas. Teniendo en cuenta que se observaron los valores más bajos de HGD 2 semanas después de la imposición de los cambios de AF, es concebible que la reducción en su nivel de producción se debiese a una respuesta de estrés crónico. Numerosos investigadores ya han demostrado asociaciones negativas entre el estrés, el crecimiento y la producción de huevos (Gross et al., 1984; Mcfarlane et al., 1989; Jones, 1996; Marin et al., 2002). Por lo tanto no es de extrañar que, si tenemos en cuenta

que la activación de los mecanismos de defensa de aves para hacer frente a los factores de estrés requieren el gasto de recursos energéticos que de otro modo podrían ser utilizados para el crecimiento y la producción de huevos (Puvadolpirod y Thaxton, 2000). La reducción del rendimiento también podría estar asociada a mayores costos de energía debido a intentos de evitar agresiones que sería incitadas ante un cambio en la AF, especialmente en aquellas más conspicuas con marcas negras a las que se dirige de forma proactiva más agresiones.

Curiosamente, 4 semanas después del primer cambio de AF, grupos alterados mostraban reducciones en la ganancia de peso, sin embargo, los niveles de HGD fueron similares a los grupos control. Estos resultados sugieren que la producción de huevos se puede recuperar antes que el peso corporal. Un fenómeno similar se evidencia cuando las gallinas recuperan la producción de huevos después de los procedimientos de cambios estresantes (Berry, 2003).

Los resultados también sugieren que al menos 4 semanas son necesarias para restablecer la dinámica de grupos sociales que no afectan la puesta de huevos. Tomados en conjunto, los resultados de este estudio indican que cuando se producen cambios AF dentro de grupos adultos de gallinas, estos cambios afectan principalmente al rendimiento de las aves cuya apariencia se cambia primero pero no el rendimiento de las aves que son modificadas en etapas posteriores. Por lo tanto, los grupos parecen reducir sus reacciones para la introducción de las aves con un AF repetida.

Este fenómeno y la recuperación observada del peso corporal mostrada por las gallinas con AF en el primer cambio, puede ser la consecuencia de los procesos de aprendizaje en donde los miembros de los grupos se habitúan a la presencia de sus nuevos compañeros de diferente fenotipo. Al mismo tiempo, la AF de gallinas cambiadas también puede servir para saber adaptarse mejor a perturbaciones sociales originados por estos cambios. Esto podría valer para tratar de reducir al mínimo el impacto hacia las gallinas que tiene la AF cambiada dentro de los grupos más adelante. Sin embargo, como los primeros cambios AF se hicieron en una baja proporción de las gallinas, y los cambios posteriores también aumentaron la frecuencia de los fenotipos modificados dentro de los grupos (es

decir , el 50% y el 50 % alterado o inalterada después del segundo cambio y 70 % alterado y 30 % inalterado después de la tercera cambio) es posible que el cambio en la frecuencia de los fenotipos también puede haber desempeñado un papel importante en la modulación de las interacciones sociales .

Esta situación podría haber ayudado a las gallinas que se cambiaron primero para recuperar su PC. De hecho, como se mencionó anteriormente Dennis et al. (2008) demostraron que las hormonas relacionadas con el estrés sólo se alteraron cuando una pequeña proporción de individuos cambiaron su AF. Con la tercera modificación AF, después de alcanzar el 70% del cambio, las gallinas que se mantienen sin cambios (no alterados durante la fase II) se convirtieron en el fenotipo de la minoría en el grupo (30 %), por lo tanto, estarían en condiciones sociales similares a las aves que se cambiaron inicialmente y se puede esperar una reducción en su rendimiento. Sin embargo, no se detectó efecto alguno, lo que sugiere que las interacciones sociales previas y los procesos de aprendizaje durante las primeras etapas modulan la dinámica social, permitiendo que todas las aves, independientemente de su proporción fenotipo, mantuviesen un PC similar.

7. CONCLUSIONES

- Los resultados indican que durante la primera fase del estudio no se encontraron cambios significativos en cuanto a factores de producción o ganancia de peso de las aves. Esto nos puede indicar que el hecho de que gallinas de puesta que desde el nacimiento han convivido con individuos de diferentes características físicas no afecta a su desarrollo ya que el grupo los acepta como uno más.
- Las variaciones fenotípicas aplicadas durante la fase adulta tienen un efecto más evidente en relación al peso corporal, siendo éstos mucho más evidentes cuando se altera al grupo por primera vez que cuando sufren después sucesivas alteraciones del grupo.
- Las aves que después del primer cambio empiezan a dar evidencia de decadencia física se recuperan según va pasando el tiempo (4 semanas después).
- En cuanto a la producción de huevos podemos concluir que el efecto del cambio de AF es mayor cuanto mayor sea el grupo. Pero al igual que con el peso corporal la producción se reestructura pasadas 4 semanas. Se puede concluir entonces, que el resto del grupo, pasadas unas semanas, deja de acosar a esos individuos.
- El estrés causado a las gallinas alteradas se ve reflejado tanto en su peso corporal como en su productividad. Sin embargo, en este estudio no se detectaron cambios respecto a las características del huevo. Por eso se puede concluir que un efecto de estas características altera la cantidad de huevos puestos pero no sus características morfométricas.
- Por tanto, la apariencia fenotípica es un factor a tener en cuenta para las prácticas de gestión productiva y de bienestar, ya que repercute tanto en un manejo más sencillo de los animales, si se detectan anomalías en las apariencias fenotípicas de algunas gallinas, como económicamente, puesto que, aunque no de forma continuada, pero sí temporalmente, la producción de huevos se ve afectada por esta causa.

8.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Appleby, M. C., and B. O. Hughes.1991. Welfare of laying hens in cages and alternative systems: environmental, physical and behavioural aspects. *World's Poult. Sci. J.* 47:111-128.
- Beacham, J. L. 2003. Models of dominance hierarchy formation: Effects of prior experience and intrinsic traits. *Behavior* 140:1275-1303.
- Berry, W. D. 2003. The Physiology of Induced Molting. *Poult. Sci.* 82:971–980.
- Bilcik, B. L., and J. Keeling. 1999. Changes in feather condition in relation to feather pecking and aggressive behaviour in laying hens. *Br. Poult. Sci.* 40:444-451.
- Boletín Oficial del Estado (BOE) núm. 13, de 15/01/2002. “Real Decreto 3/2002, de 11 de Enero, por el que se establecen las normas mínimas de protección de gallinas ponedoras”
- Bolhuis, J. J., and P. Bateson. 1990. The importance of being first: a primacy effect in filial imprinting. *Anim. Behav.* 40:472-483.
- Bolhuis, J. J., and R. C. Honey. 1998. Imprinting, learning and development: From behaviour to brain and back. *Trends Neurosci.* 21:306-311.
- Bradshaw, R. H. 1992. Conspecific discrimination and social preference in the laying hen. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 33: 69–75.
- Cloutier, S., and R. C. Newberry. 2000. Recent social experience, body weight and initial patterns of attack predict the social status attained by unfamiliar hens in a new group. *Behavior* 137:705-726.
- Cloutier, S., and R. C. Newberry. 2002. Differences in skeletal and ornamental traits between laying hen cannibals, victims and bystanders. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 77:115-126.
- Cloutier, S., R. C. Newberry, K. Honda, and J. R. Alldredge. 2002. Cannibalistic behaviour spread by social learning. *Anim. Behav.* 63:1153-1162.

- Cornetto, T. L., and I. Estevez. 2001. Influence of vertical panels on use of space by domestic fowl. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 71:141-153.
- Craig, J. V., and A. W. Adams, A. W. 1984. Behaviour and well-being of hens (*Gallus domesticus*) in alternative housing environments. *World's Poult. Sci. J.* 40:221-240
- D'Eath, R. B., and L. J. Keeling. 2003. Social discrimination and aggression by laying hens in large groups: From peck orders to social tolerance. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 84:197-212.
- Dennis, R. L., R. C. Newberry, H. W. Cheng, and I. Estevez. 2008. Appearance matters: artificial marking alters aggression and stress. *Poult. Sci.* 87:1939-1946.
- Doyen, J. 1987. Individual preference related to social rank in domestic fowl. Pages 151–172 in *Cognitive Aspects of the Social Behaviour in the Domestic Fowl*. R. Zayan and I. J. H. Duncan, eds. Elsevier Science, The Netherlands, Amsterdam.
- Elson, H. A. 2008. Do extensive poultry systems really offer superior welfare? *Poult. Internat.* 47:10-14.
- Estévez, I., I. L., Andersen, and E. Nævdal E. 2007. Group size, density and social dynamics in farm animals. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 103:185-204.
- Estévez, I., L. J. Keeling, and R. C. Newberry. 2003. Decreasing aggression with increasing group size in young domestic fowl. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 84:213-218.
- Estévez, I., R. Newberry, and L. Arias De Reyna. 1997. Broiler chickens: a tolerant social system? *Etología* 5:19-29.
- Frank, S. A. 2013. Natural selection. VII. History and interpretation of kin selection theory. *J. Evol. Biol.* 26:1151-1184.
- Fugle, G. N., S. I. Rothstein, C. W. Osenberg, and M. A. McGinley. 1984. Signals of status in wintering white-crowned sparrows, *Zonotrichia leucophrys gambelii*. *Anim. Behav.* 32:86-93.

- Gross, W.B., E. A. Dunnington, and P. B. Siegel. 1984. Environmental effects on the wellbeing of chickens from lines selected for responses to social strife. Arch. Geflugelkd. 48:3-7.
- Guhl, A. M. 1968. Social behavior of the domestic fowl. Transactions of the Kansas Academy of Science 71:379-384.
- Guhl, A. M., and L. L. Ortman. 1953. Visual patterns in the recognition of individuals among chickens. Condor 55:287-298.
- Hamilton, W. D. 1964a. The genetic evolution of social behavior. I. J. Theor. Biol. 7:1-17.
- Hamilton, W. D. 1964b. The genetic evolution of social behavior. II. J. Theor. Biol. 7:17-52.
- Hughes, B. O., N. L. Carmichael, A. W. Walker, and P. N. Grigor. 1997. Low incidence of aggression in large flocks of laying hens. Appl. Anim. Behav. Sci. 54:215-234.
- Hughes, B. O., and I. J. Duncan. 1972. The influence of strain and environmental factors upon feather pecking and cannibalism in fowls. Brit. Poult. Sci. 13:525-547.
- Hsu, Y., R.L. Earley, and L. L. Wolf. 2006. Modulation of aggressive behaviour by fighting experience: Mechanisms and contest outcomes. Biol. Rev. Camb. Philos. Soc. 81:33-74.
- Hsu, Y., and Wolf, L. L. 1999. The winner and loser effect: Integrating multiple experiences. Anim. Behav. 57:903-910.
- Jaisson, P. 1991. Kinship and fellowship in ants and social wasps. Pages 60-93 in Kin Recognition. P. Hepper, ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Järvi, T., O. Walso, and M. Bakken. 1987. Status signaling by *Parus major*: an experiment in deception. Ethology 76:334-342.
- Jones, R. B. 1996. Fear and adaptability in poultry: insights, implications and imperatives. World's Poult. Sci. J. 52:131-174.

- Jones, R. B., A. D. Mills, and J. M. Faure. 1996. Social discrimination in Japanese quail *Coturnix japonica* chicks genetically selected for low or high social reinstatement motivation. *Behav. Proc.* 36:117–124.
- Keeling, L. J., and I. J. H. Duncan. 1991. Social spacing in domestic fowl under semi natural conditions: the effect of behavioural activity and activity transitions. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 32:205-217.
- Keeling, L. J., I. Estévez, R. C. Newberry, and M. G. Correia. 2003. Production-related traits of layers reared in different sized flocks: The concept of problematic intermediate group sizes. *Poult. Sci.* 82:1393-1396.
- Keller, L. 1997. Indiscriminate altruism: Unduly nice parents and siblings. *Trends Ecol. Evolut.* 12:99-103.
- Krebs, J. R., and N. B. Davies. 1987. *An Introduction to Behavioural Ecology*. 2nd. Edition. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Leone, E. H., M. C. Christman, L. Douglass, and I. Estevez. 2010. Separating the impact of group size, density, and enclosure size on broiler movement and space use at a decreasing perimeter to area ratio. *Behav. Proc.* 83:16-22.
- Leone, E. H. and I. Estevez. 2008. Use of space in the domestic fowl: separating the effects of enclosure size, group size and density. *Anim. Behav.* 76:1673-1682.
- Lindberg, A. C., and C. J. Nicol. 1996. Effects of social and environmental familiarity on group preferences and spacing behavior in laying hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 49:109-123.
- Marin, R. H., P. Freytes, D. Guzman, and R. B. Jones. 2001. Effects of an acute stressor on fear and on the social reinstatement responses of domestic chicks to cagemates and strangers. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 71:57-66.
- Marin R. H., D. G. Satterlee, G. G. Cadd, and R. B. Jones, 2002. T-maze behavior and early egg production in Japanese quail selected for contrasting adrenocortical responsiveness. *Poult. Sci.* 81:981-986.

- McBride, G. I. P., Parer, and F. Fownander. 1969. The social organization and behaviour of the feral domestic fowl. *Anim. Behav. Monogr.* 2:127-181.
- McFarlane, J. M., S. E. Curtis, R. D. Shanks, and S. G. Carmer. 1989. Multiple concurrent stressors in chicks. 1. Effect on weight gain, feed intake, and behavior. *Poult. Sci.* 68:501-509.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (www.magrama.es). “El sector de la avicultura de puesta en cifras”
- Nicol, C. J., N. G. Gregory, T. G. Knowles, I. D. Parkman, and L. J. Wilkins. 1999. Differential effects of increased stocking density, mediated by increased flock size, on feather pecking and aggression in laying hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 65:137-152.
- Pagel, M., and M. S. Dawkins. 1997. Peck orders and group size in laying hens: Future contracts for non-aggression. *Behav. Processes* 40:13-25.
- Puvadolpirod, S., and J. P. Thaxton. 2000. Model of physiological stress in chickens 1. Response parameters. *Poult. Sci.* 79:363-369.
- Savory, C. J. 1995. Feather pecking and cannibalism. *World's Poult. Sci. J.* 51, 215–219.
- Savory, C. J., and J. S. Mann. 1997. Behavioural development in groups of pen-housed pullets in relation to genetic strain, age and food form. *Br. Poult. Sci.* 38:38–47.
- Senar, J. C. 1999. Plumage coloration as a signal of social status. Pages 1669–1686 in *Proc. 22nd Int. Ornithological Congr., Durban, South Africa*. N. J. Adams and R. H. Slotow, ed. BirdLife South Africa, Johannesburg.
- Senar, J. C., and M. Camerino. 1998. Status signalling and the ability to recognize dominants: An experiment with siskins (*Carduelis spinus*). *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 265:1515-1520.
- Senar, J. C., V. Polo, F. Uribe, and M. Gomendio. 2000. Status signaling, metabolic rate and body mass in the siskin: The cost of being subordinate. *Anim. Behav.* 59:103-110.
- Sossidou, E.N., and H.A. Elson. 2009. Hens' welfare to egg quality: a European perspective. *World's Poult. Sci. J.* 65:709-718.

- Tibbetts, E. A., and J. A. Dale. 2004. A socially enforced signal of quality in a paper wasp. *Nature* 432:218-222.
- Whitfield, D. P. 1987. Plumage variability, status signalling and individual recognition in avian flocks. *Trends Ecol. Evol.* 2:13-18.
- Zayan, R. 1987. An analysis of dominance and subordination experiences in sequences of paired encounters between hens. Pages 182–320 in *Cognitive Aspects of Social Behaviour in the Domestic Fowl*. R. Zayan and I. J. H. Duncan, eds. Elsevier, The Netherlands, Amsterdam.
- Zayan, R. 1991. The specificity of social stress. *Behav. Proc.* 25:81-93.

